

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

**Návrh potrubních rozvodů pro napojení
válcovací linky**

Design of Pipeline for the Connection of Rolling Line

Student:

Jiří Gregorovič

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Radim Janalík, CSc.

Ostrava 2020

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Gregorovič**
Studijní program: **B3907 Energetika**
Studijní obor: **3907R012 Energetika 21.století**
Téma: **Návrh potrubních rozvodů pro napojení válcovací linky**
Design of Pipeline for the Connection of Rolling Line
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte potrubní rozvody pro přívod médií pro válcovací linku.

Práce bude obsahovat :

- základní informace o technologickém celku válcovací linky
- návrh potrubních systémů pro přívod termooleje, stlačeného vzduchu, chladicí vody a strojně chlazené vody
- návrh tepelné izolace
- výpočet tlakových a tepelných ztrát
- výkresovou část, výsledný návrh bude zakreslen do technologického výkresu

Seznam doporučené odborné literatury:

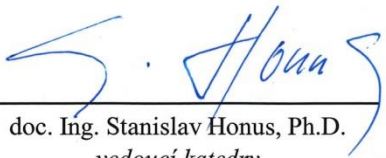
- [1] Drábková, S., Kozubková, M. : Cvičení z mechaniky tekutin, VŠB TU Ostrava, 2004
- [2] Blejchař, T., Drábková, S. : Návod do cvičení - Čerpací technika a potrubí, VŠB TU Ostrava, 2010
- [3] Nožička, J. : Termomechanika, Praha, ČVUT, 2001
- [4] Liška, A. : Technika stlačeného vzduchu, Praha, SNTL, 1988
- [5] Pavlok, B., Drábková, S., Rautová, J. : Potrubní systémy a armatury, VŠB TU Ostrava, 2011
- [6] Drozd, A. a kol. : Stlačený vzduch v průmyslu, Praha, SNTL, 1963
- [7] Blahož, V., Kadlec, Z. : Základy sdílení tepla, Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020


doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty


Poděkování

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Radimovi Janalíkovi, CSc. za odborné rady a poznatky, způsob vedení a osobní konzultace. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Milanovi Skopalíkovi za možnost studia při zaměstnání, Jindřichovi Otépkovi za technickou pomoc a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat mojí rodině a přítelkyni za velkou podporu po celou dobu studia.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 17. 5. 2020


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo,

beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3),


souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,

bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona,

bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),

beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 17. 5. 2020



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Gregorovič

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Lhotka 90, 763 02 Zlín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GREGOROVIC, J. *Návrh potrubních rozvodů pro napojení válcovací linky: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2020, 61 s. Vedoucí práce: Janalík, R.

Tato bakalářská práce se skládá ze dvou částí, a to teoretické a praktické. V teoretické části je charakterizován potrubní systém, jeho parametry, druhy, části a použitý materiál potrubních rozvodů. Stručně jsou také popsána použitá potrubní média. V praktické části je zpracován návrh potrubních rozvodů pro napojení válcovací linky ve společnosti Fatra a. s., Napajedla. Zjednodušený projekt se skládá z textové, výpočtové a grafické části včetně podrobného rozpočtu. Zásadním bodem návrhu jsou výpočty, ve kterých jsou řešeny světlosti potrubí, tlakové a tepelné ztráty a teplotní roztažnosti.

Klíčová slova: průmysl, technologie, válcovací linka, návrh potrubí, potrubní rozvody

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

GREGOROVIC, J. *Design of Pipeline for the Connection of Rolling Line: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2020, 61 p. Thesis head: Janalík, R.

This bachelor thesis consists of two parts, theoretical and practical. In the theoretical part is characterized the piping system, its parameters, types, parts and used piping materials. The piping medias are described, too. In the practical part is designed of pipeline for the connection of rolling line in the company Fatra a. s., Napajedla. The simplified project consists of textual, computational and graphical parts including a detailed budget. The fundamental point of the design are the calculations, in which are solved pipe diameters, pressure and heat losses and thermal expansion.

Key words: industry, technology, rolling line, design of pipeline, pipelines

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN	9
1 ÚVOD	10
2 CÍL PRÁCE	11
3 CHARAKTERISTIKA POTRUBNÍCH SYSTÉMŮ	12
3.1 POTRUBÍ.....	12
3.1.1 Hlavní parametry potrubí	12
3.1.2 Dělení potrubí.....	12
3.1.3 Jednotlivé části potrubí.....	13
3.1.4 Materiál potrubních rozvodů	17
3.2 POTRUBNÍ MÉDIA.....	19
3.2.1 Termoolej	19
3.2.2 Věžová chladicí voda a strojně chlazená voda	19
3.2.3 Stlačený vzduch	19
4 ZPŮSOB ŘEŠENÍ.....	21
4.1 PODKLADY	21
4.2 POPIS OBJEKTU	21
4.3 POPIS TECHNOLOGICKÉHO CELKU	22
4.3.1 Válcovací linka.....	22
4.3.2 Temperační jednotky.....	24
4.4 POSTUP ŘEŠENÍ A SOFTWARE VYUŽITÍ.....	25
5 VÝPOČTOVÁ A NÁVRHOVÁ ČÁST	27
5.1 VÝPOČET SVĚTLOSTI POTRUBÍ.....	27
5.2 VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT V POTRUBÍ.....	29
5.3 NÁVRH POTRUBÍ	32
5.3.1 Návrh potrubí termooleje	33
5.3.2 Návrh potrubí věžové chladicí vody.....	34
5.3.3 Návrh potrubí strojně chlazené vody.....	35
5.3.4 Návrh potrubí stlačeného vzduchu	36
5.4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT POTRUBÍ.....	38
5.5 NÁVRH TEPELNÉ IZOLACE	40
5.6 VÝPOČET TEPLOTNÍ ROZTAŽNOSTI POTRUBÍ – KOMPENZACE	42
5.7 NÁVRH PEVNÝCH BODŮ A KOMPENZÁTORŮ	44

6	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ	46
6.1	POTRUBNÍ MÉDIA.....	46
6.1.1	Termoolej (TO)	46
6.1.2	Věžová chladicí voda (VCH)	46
6.1.3	Strojně chlazená voda (VC)	47
6.1.4	Stlačený vzduch (VZ6).....	47
6.1.5	Sekundární okruhy (SC)	48
6.2	POTRUBÍ A ARMATURY	49
6.3	ULOŽENÍ POTRUBÍ A KOMPENZACE	50
6.4	IZOLACE POTRUBÍ A ARMATUR	51
6.5	NÁTĚRY	51
6.6	ZNAČENÍ POTRUBÍ A ARMATUR	51
6.7	SYSTÉM A VÝZNAM ZNAČENÍ.....	52
6.8	LEŠENÍ.....	52
6.9	ZKOUŠKY.....	52
6.10	POŽADAVKY NA PROFESE	53
7	EKONOMICKÉ NÁKLADY NA REALIZACI	54
8	ZÁVĚR.....	55
9	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	56
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
11	SEZNAM TABULEK	60
12	PŘÍLOHY	61

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN

BIM	building information modeling; informační model budovy
ČSN	Česká státní norma
ČSN EN	Česká státní norma převzata z evropské normy
DN	jmenovitá světlost [mm]
HVDT	hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků
HZS	hodinová zúčtovací sazba
OK	ocelová konstrukce
OV	odpadní voda
PB	pevný bod
PN	jmenovitý tlak [bar]
PU	polyuretan
SC	sekundární okruhy
SO	stavební objekt
SŘ	systém řízení
TCU	temperature control unit; temperační jednotka
TE	technologie
TO	termoolej
TZB	technická zařízení budov
VC	strojně chlazená voda
VCH	chladicí voda
VL	válcovací linka
VZ6	stlačený vzduch

1 ÚVOD

Energetický průmysl patří mezi hlavní hybatele dnešního světa, ukazatele naší vyspělosti, ale zároveň i zranitelnosti. Energetika je z velké části původcem zhoršeného životního prostředí. V energetických spalovacích zařízeních dochází k likvidaci a energetickému využití ekologických zátěží z dob minulých a postupně se tak zvyšuje poměr energetického využití odpadu před jeho skládkováním. Přísná ekologická nařízení vedou k maximálnímu využití zdrojů a ke snižování energetické spotřeby při současném zvyšování životní úrovně.

Zmiňované požadavky kladou důraz na vývoj nových technologií, a to nejen v energetice, TZB a stavebnictví, ale i v projektování – tzv. projektování pomocí BIM technologie. BIM je zkratka z anglického spojení „Building Information Modeling“, která v překladu znamená „Informační model budovy“. Jinými slovy je to digitální model navrhovaného objektu nebo zařízení obsahující všechny projektové profese s inteligentním procesem vkládání prvků. Výhodou takto zpracovávaných projektů je jejich propracovanost, jelikož vytvořený model umožňuje koordinaci mezi profesemi a vylučuje vznik kolizních míst. [1]

BIM technologie je využitelná při projektování, montáži a následné správě objektu či zařízení. Jsou zde obsaženy technické listy, návody k montáži a obsluze, předepsané servisní termíny nebo možnost objednání nového prvku přímo od výrobce.

V roce 2022 bude povinnost pro všechny nadlimitní veřejné zakázky zpracovávat projekty pouze pomocí BIM technologie, a tudíž by mělo být v zájmu všech projekčních firem, aby se na tuto skutečnost připravily. [2]

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je návrh potrubních rozvodů pro napojení válcovací linky v průmyslovém areálu společnosti Fatra a. s., Napajedla.

Na základě získaných podkladů bylo zhotoveno schéma potrubních tras pro přívod médií, na které navazovala výpočtová část zaměřená na světlosti potrubí, tlakové a tepelné ztráty a teplotní roztažnosti. Výsledné hodnoty posloužily pro návrh potrubí, tepelné izolace a způsob uložení doplněný kompenzátory.

3 CHARAKTERISTIKA POTRUBNÍCH SYSTÉMŮ

Potrubní systém je jeden celkově vybavený systém, který přepravuje médium o určité teplotě a tlaku potrubím z místa A na místo B – tedy ze zdroje k odběrnému místu. [3]

Zmíněný systém lze také charakterizovat jako jednotlivé stojní části pro dopravování a akumulaci medií. Tato primární funkce může být doplněna i o další požadavky (tepelně izolační, sanitární aj.).

Potrubní systémy se v praxi kombinují s dalšími technickými systémy, mezi které řadíme např. čerpadla, výměníky tepla, rozdělovače a sběrače, HVDT aj. [4]

3.1 Potrubí

Potrubím označujeme technické zařízení, které se skládá z těsně spojených rour nebo trubek. Obvykle je využíváno k dopravě kapalin či plynů, ale je jím možné přepravovat i různé sytké materiály a drobné předměty (potrubní pošta). Hlavním požadavkem na potrubí je jeho nepropustnost. V další řadě je nutná přítomnost zařízení pro regulaci průtoku, správné provedení samotného uložení a dostatečná dilatace, případně ochrana před korozí. V případě využití potrubí pro přenos tepelné energie musí být zamezeno tepelným ztrátám pomocí tepelné izolace.

3.1.1 Hlavní parametry potrubí

K hlavním parametrům, které by potrubí mělo splňovat, řadíme:

- jmenovitý tlak (PN): tlak udávaný v bar,
- jmenovitá světlost (DN): vnitřní světlost potrubí v mm,
- pracovní stupeň: závisí na teplotě přepravovaného média. [5]

3.1.2 Dělení potrubí

Potrubí lze rozlišovat dle nepřeborného množství kritérií. Níže jsou uvedeny pouze vybrané kategorie.

Dle přepravovaného média:

- vodní, parní, plynové, olejové, stlačený vzduch aj.

Dle tlaku:

- podtlakové, nízkotlaké, vysokotlaké.

Dle materiálu:

- ocelové, měděné, plastové, hliníkové, litinové, mosazné, skleněné aj.

Dle druhu spoje:

- nerozebíratelné spoje: svařované, pájené, lisované, lepené,
- rozebíratelné spoje: přírubové, šroubované, hrdlové.

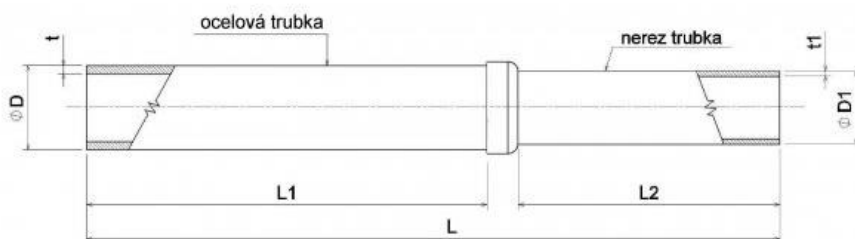
Dle umístění:

- vnitřní (volně vedené, stěnové),
- venkovní (pod zemí, nad zemí),
- dálkové aj. [6]

3.1.3 Jednotlivé části potrubí

Trubky

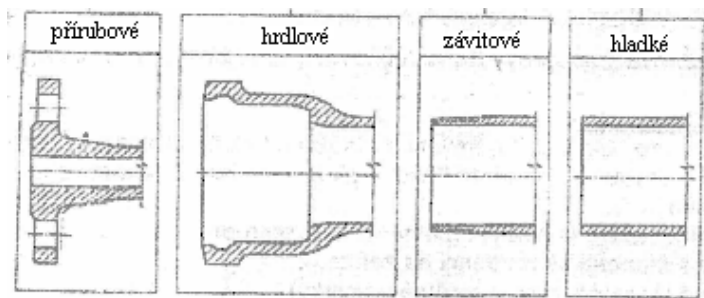
Část potrubního systému, který je určený k vedení dopravované látky (= hlavní funkce). Mohou být různých materiálů, tvarů i rozměrů. Jejich spolehlivost je ovlivněna především tepelnou a chemickou odolností materiálu.



Obrázek 1 Potrubí [7]

Potrubní spoje

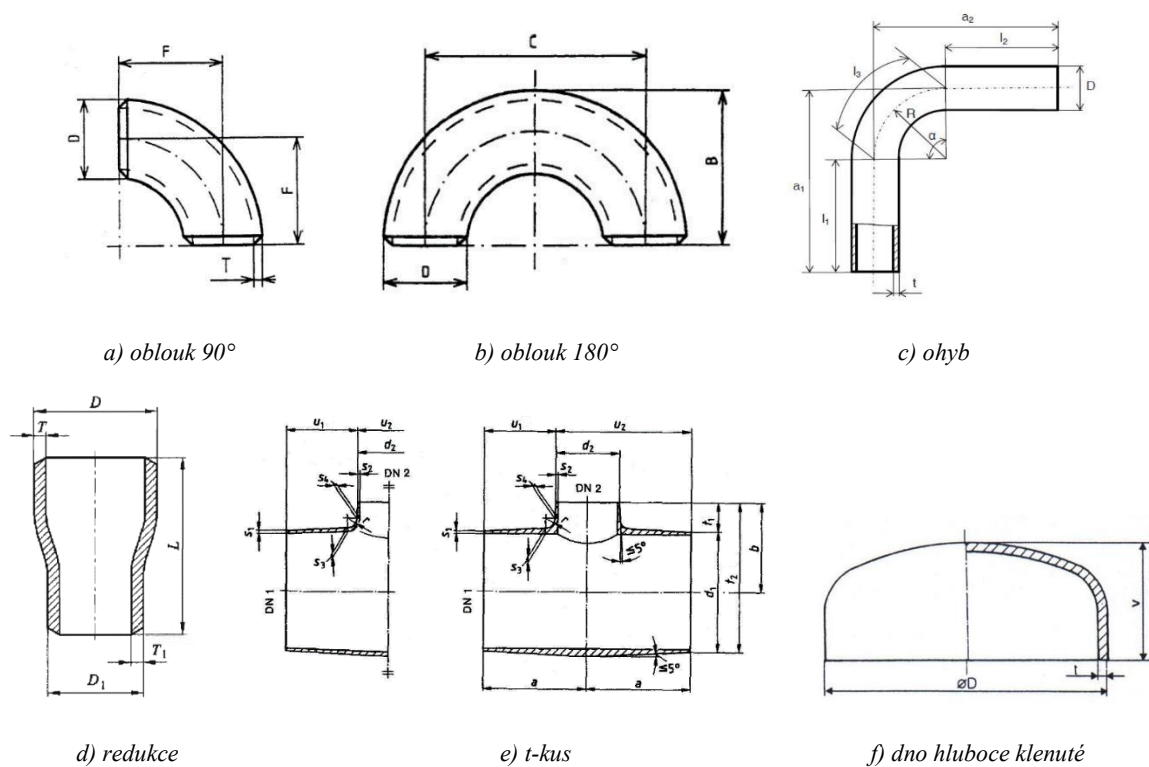
Díly, které spojují jednotlivé části potrubního systému. Při realizaci je nutné zabránit odlehnutí sousedních částí a provést kvalitní zatěsnění. Mezi typická provedení trubních spojů patří spoje přírubové, hrdlové, závitové, svarové, lepené, šroubení a spojky.



Obrázek 2 Potrubní spoje [8]

Tvarovky

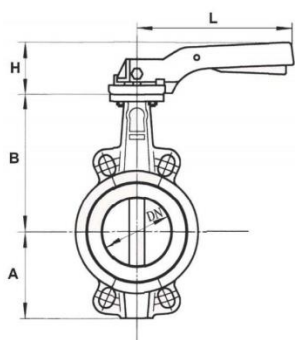
Části potrubního systému, jejichž hlavní funkcí je změna toku dopravovaného média, např. dělením, spojováním či změnou směru nebo průřezu. Typicky se jedná o kolena, ohyby, odbočky, přechody, t-kusy, zaslepovací dna aj.



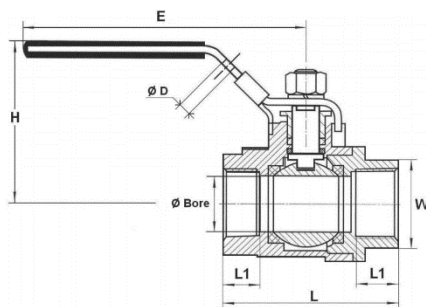
Obrázek 3a–3f Tvarovky [9]

Armatury

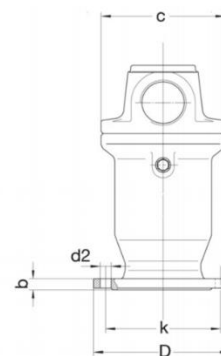
Prvky potrubního systému, které slouží k ovládání proudění dopravovaného média. K hlavním funkcím armatur patří úplné uzavírání potrubí (= funkce *uzavírací*), zamezení zpětného proudění (= funkce *zpětná*), regulování množství a tlaku (= funkce *regulační*), ochrana všech potrubních částí před zvýšeným tlakem (= funkce *pojistná*), vypouštění pracovního média (= funkce *vypouštěcí*), odvzdušnění soustavy (= funkce *odvzdušňovací*) a monitoring systému (= funkce *měřicí*).



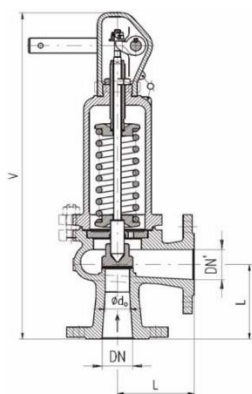
a) mezipřírubová klapka



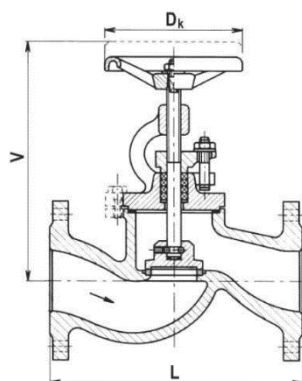
b) kulový kohout



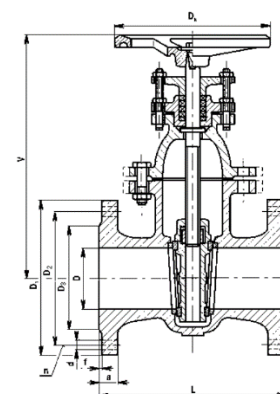
c) odvzdušňovací ventil přírubový



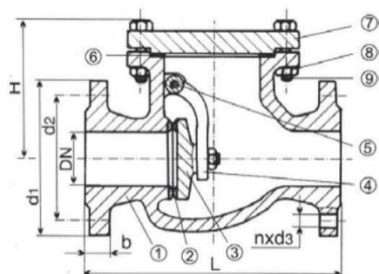
d) pojistný ventil



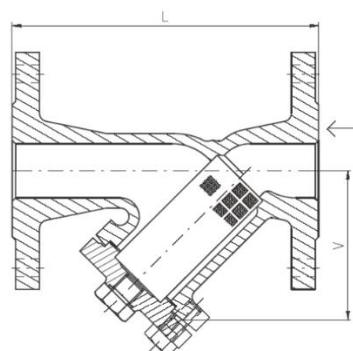
e) přírubový uzavírací ventil



f) šoupátko přírubové



g) zpětná klapka přírubová

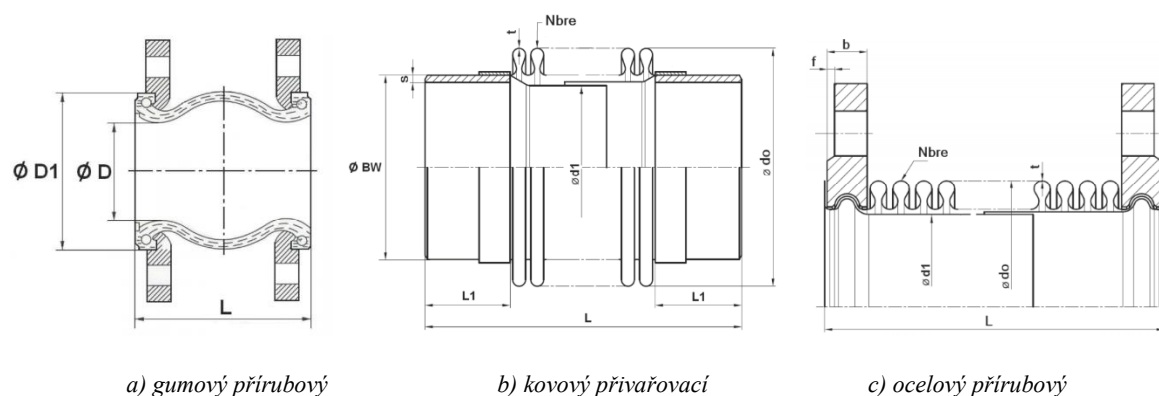


h) filtr přírubový

Obrázek 4a–4h Armatury [10]

Kompenzátory

Hlavním úkolem kompenzačních částí potrubí je vyrovnání tepelných dilatací v místech, kde tento problém neřeší samotná pružnost potrubí, nebo přirozený kompenzátor ve tvaru L, respektive Z.



Obrázek 5a–5c Kompenzátory [11]

Těsnicí části

Prvky v potrubním systému zabráňující průniku média do vnějšího prostředí. Těsnění a ucpávky úzce souvisí s potrubními spoji. Nejběžnějšími využívanými materiály k utěsnění patří tmely, těsnicí konopí, teflonová nit či páska, těsnicí kroužky aj.

Upevňovací prvky

Část potrubního systému, který slouží k pevnému přichycení a uložení potrubí, jež zajistí jeho stabilitu v požadované poloze navzdory působení vnějších i vnitřních sil. Nejčastěji využívaným materiálem jsou ocelové válcované profily.

Izolační a ochranné části

Cílem izolování a ochrany potrubí je zamezení tepelných ztrát, rosení – kondenzace, ochrana před mechanickým poškozením aj.

Strojní zařízení

Součástí potrubního systému jsou různá strojní zařízení, mezi která řadíme např.: kotle, akumulární a expanzní nádoby, zásobníky, čerpadla, HVDT aj. [4]

3.1.4 Materiál potrubních rozvodů

Při návrhu je nutné zohlednit materiál, ze kterého bude potrubní systém zhotoven. V potaz se berou fyzikální vlastnosti, mezi které řadíme mechanickou pevnost, teplotní odolnost a roztažnost, možnosti uložení či odolnost vůči korozi.

Ocelové potrubí je tradičním materiálem, který je zároveň v praxi velmi často využíván. Nejběžněji se uplatňuje třída oceli 11.353.1. Potrubí lze rozdělit na:

- *ocelové závitové běžné* – použití pro průměry DN 10–50, mají silnější tloušťku stěny z důvodu vyřezání závitu na vnějším povrchu, který slouží k následnému spojování závitovými tvarovkami (přehled viz *Tabulka 1*),
- *ocelové bezešvé* – použití pro průměry DN 15–350, mají různé tloušťky stěn, spojování je řešeno svařováním (přehled nejběžnějších viz *Tabulka 2*). [12], [13]

Tabulka 1 Přehled vybraných ocelových trubek závitových běžných (upraveno autorem [14])

DN [mm]	palce ["]	vnější průměr potrubí [mm]	tloušťka stěny potrubí [mm]	vnitřní průměr potrubí [mm]
10	3/8	17,10	2,35	12,40
15	1/2	21,40	2,65	16,10
20	3/4	26,90	2,65	21,60
25	1	33,70	3,25	27,20
32	5/4	42,40	3,25	35,90
40	6/4	48,30	3,25	41,80
50	2	60,20	3,65	52,90

Tabulka 2 Přehled vybraných ocelových trubek bezešvých (upraveno autorem [14])

vnější pr./tl. stěny [mm/mm]	palce [“]	vnější průměr potrubí [mm]	tloušťka stěny potrubí [mm]	vnitřní průměr potrubí [mm]
22,0/2,6	15	22,00	2,60	16,80
28,0/2,6	20	28,00	2,60	22,80
31,8/2,6	25	31,80	2,60	26,60
38,0/2,6	32	38,00	2,60	32,80
44,5/2,6	40	44,50	2,60	39,30
57,0/2,9	50	57,00	2,90	51,20
76,0/3,2	65	76,00	3,20	69,60
89,0/3,6	80	89,00	3,60	81,80
108,0/4,0	100	108,00	4,00	100,00
133,0/4,5	125	133,00	4,50	124,00
159,0/4,5	150	159,00	4,50	150,00
219,0/6,3	200	219,00	6,30	206,40
273,0/7,0	250	273,00	7,00	259,00
324,0/8,0	300	324,00	8,00	308,00
377,0/9,0	350	377,00	9,00	359,00

3.2 Potrubní média

V této kapitole jsou popsána hlavní potrubní média, která jsou dále využita v praktické části. Všechny informace se vztahují k návrhu potrubních rozvodů vedených uvnitř stavebního objektu.

3.2.1 Termoolej

Termoolej má využití ve speciálních průmyslových odvětvích, kde slouží k přenosu tepla pro výrobní technologii. Jedná se o zpracovatelský průmysl, mezi který se řadí především gumárenský a plastikářský průmysl.

Zdrojem termooleje je plynová kotelna na ohřev termooleje, která ohřívá médium až na 260 °C. Při takto vysokých teplotách je nutné mít správně navržené kompenzátory, které pokryjí teplotní roztažnost potrubí. Zároveň je důležité dbát na způsob uložení potrubí.

3.2.2 Věžová chladicí voda a strojně chlazená voda

Věžové a strojní chlazení jsou dva druhy způsobů chlazení, které se u nás používají ve všech aplikacích pro stavební i průmyslové objekty. Jedná se hlavně o budovy pro bydlení, administrativní budovy nebo průmyslové provozy, ve kterých je potřeba klimatizovat místnosti nebo chladit výrobní technologii. [15]

Zdrojem chladicí vody a strojně chlazené vody je chladicí stanice, která je buď součástí stavebního objektu, nebo stojí samostatně – záleží na velikosti zařízení a způsobu řešení. Chladicí voda pracuje s teplotním spádem 25/35 °C a strojně chlazená voda s teplotním spádem 6/12 °C.

Z důvodu nižších teplot (do 15 °C) je nutné strojně chlazenou vodu včetně armatur řádně izolovat proti ztrátě chladu, protože pak se potrubí začne rosit a na povrchu vzniknou kapčky, které urychlí proces vzniku koroze. [16]

3.2.3 Stlačený vzduch

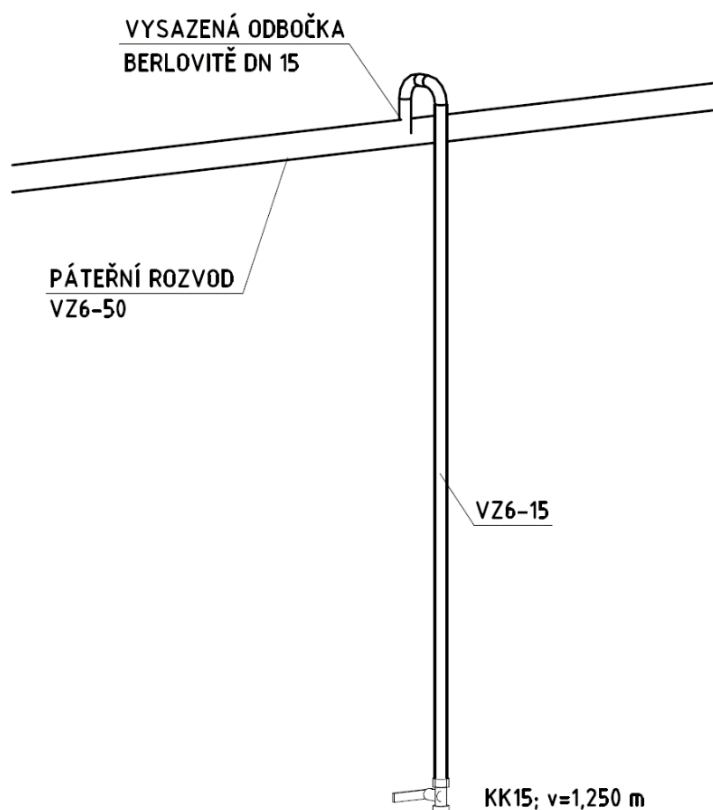
Stlačený vzduch je v dnešní době používán téměř ve všech průmyslových odvětvích a stará se nejen o napojení technologických zařízení, ovládání pneumatických armatur, ale třeba o možnost ofuku přes ofukovací pistoli, která je téměř nutností v jakékoliv svařovně, dílně, či údržbě.

Zdrojem stlačeného vzduchu je kompresor, ve větších areálech je to celá kompresorová stanice, odkud přes rozdělovač vychází potrubní rozvod vedoucí až k odběrnému místu. [17]

Rozvod můžeme dělit na systém větvený nebo zokruhovaný (okružní). Pokud je to možné, je vždy lepší uvažovat zokruhovaný systém, protože dodávka stlačeného vzduchu je trvalá a tím je zajištěná i nižší tlaková ztráta. Na páteřním rozvodu se osadí uzavírací armatury a v případě opravy není nutné oproti větvenému systému uzavírat celou větev a tím odstavit další odběrné místo, ale lze část opravit i bez přerušení dodávky stlačeného vzduchu.

Důležitost návrhu klade důraz i na provedení odboček z páteřního rozvodu. Z důvodu vzniku kondenzátu v potrubí a zamezení dostání se kondenzátu do odběrného místa se odbočky provádí z horního líce potrubí tzv. berlovitě. Každá odbočka má vlastní uzavírací armaturu a je osazena ve výšce cca +1,250 m nad podlahou (viz Obrázek 6 níže). Odběrné místo je obvykle dopojeno PU hadičkami. [18]

Odvod vzniklého kondenzátu z páteřního rozvodu je řešen spádováním potrubí ve směru proudění, kde je odbočka vysazena ze spodního líce potrubí a na spodním konci (odbočky) je sběrací potrubí, kde se shromažďuje kondenzát a následně přes uzavírací armaturu dochází k odkalování. [19]



Obrázek 6 Odbočka z páteřního rozvodu [autor]

4 ZPŮSOB ŘEŠENÍ

Tato bakalářská práce je zpracována na základě získaných podkladů, kde bylo třeba navrhnout potrubní rozvody pro napojení válcovací linky (VL) ve společnosti Fatra a. s. Napajedla.

Celý návrh je proveden taktéž graficky (3D model a výkresová část) a obsahuje podrobně zpracovaný rozpočet.

4.1 Podklady

Pro tuto práci byly od firmy B-PROJEKTING, spol. s r.o. poskytnuty tyto podklady:

- stavebně-technologický podklad (půdorys a řez) ve formátu .dwg (AutoCAD),
- 3D model stavby, válcovací linky, ocelové konstrukce (OK) a potrubního mostu,
- technické informace k VL a temperačním jednotkám (TCU – temperature control unit),
- požadované parametry válcovací linky pro potrubní média.

Parametry médií:

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| • termoolej | 260/220 °C; 4 bar, |
| • věžová chladicí voda | 25/35 °C; 4 bar, |
| • strojně chlazená voda | 6/12 °C; 4 bar, |
| • stlačený vzduch | 24 °C; 0,6-0,7 MPa (6-7 bar). |

4.2 Popis objektu

Společnost Fatra, a. s., patří mezi významné světové zpracovatele plastů. Mezi výrobní skupiny patří: PVC podlahové krytiny, hydroizolační fólie, technické vinylové fólie, plastové vytlačované profily, tvarované obaly aj. [20]

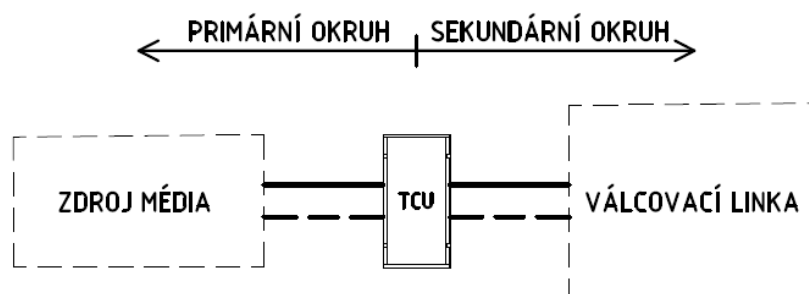
Válcovací linka je umístěna v objektu *SO 303 Výrobní hala* v návaznosti na *SO 307 Koridor* v areálu společnosti Fatra, a. s., Napajedla. Její místo je definováno dle stavebně-technologického podkladu v řadě sloupů „14–18“ a ose sloupů „F–H“ na $\pm 0,000$ m. Temperační jednotky (celkem 10 ks) jsou osazeny v řadě sloupů „14–17“ a ose sloupů „D–F“ na podestě +5,600 m.



Obrázek 7 Pohled na areál firmy Fatra, a. s. s vyznačením SO 303 Výrobní hala [20]

4.3 Popis technologického celku

Potrubní rozvody začínají na předávacím místě zdrojů potrubních médií, kde termoolej, věžová chladicí voda a strojně chlazená voda napojují primárním okruhem temperační jednotky, kde se média připraví na požadované teploty pro technologii a odtud jsou sekundárními okruhy potrubí vedena k válcovací lince. Stlačený vzduch je přiveden na odběrná místa pro obsluhu a k manipulaci s hotovými výrobky.



Obrázek 8 Rozdělení primárního a sekundárního okruhu [autor]

4.3.1 Válcovací linka

Válcovací linka je dodávkou italské společnosti Rodolfo Comerio S.r.l., která se specializuje na projektování a výrobu kompletních závodů pro výrobu plastů. [21]

Válcovací linka se skládá z několika částí:

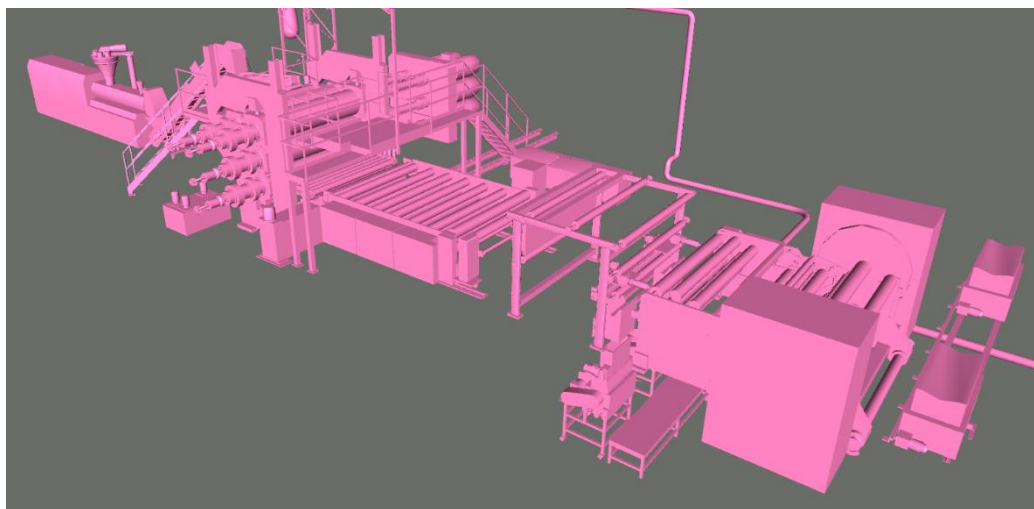
- čtyřválnový kalandr typ F – válcování polotovarů,
- odtahová sekce,
- dezénovací zařízení,
- chladicí sekce – vychlazení vyválnované fólie,

- kontinuální bezdotykové měření tloušťky materiálu,
- ořezávání okrajů,
- automatická navíječka – navíjení, vyklopení, manipulace a uložení do palety.

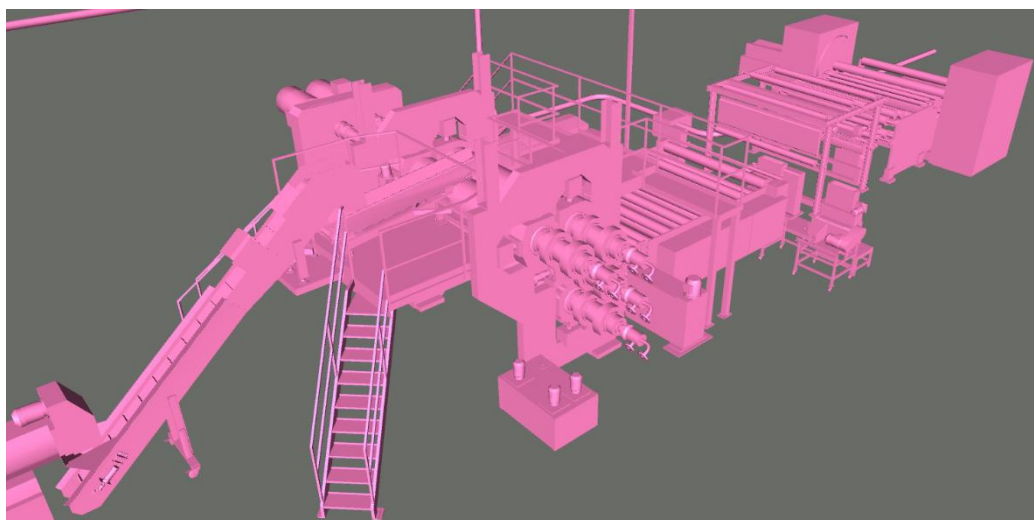
Na základě rozšíření sortimentu výroby společnosti Fatra, a. s. bude VL vyrábět:

- nášlapné vrstvy podlahových krytin (tl. 0,2–0,5 mm, šířky 1400–2100 mm),
- vrchní vrstvy hydroizolačních fólií (tl. 0,2–0,5 mm, šířky 1400–2100 mm),
- vrchní vrstvy tunelových fólií (tl. 0,2–0,5 mm, šířky 1400–2100 mm),
- technické fólie (tl. 0,1–0,4 mm, šířky 1400–2100 mm).

Na této lince budou vyráběny nášlapné vrstvy podlahových krytin a vrchní vrstvy hydroizolačních fólií. Finální výrobky budou připraveny s max. hmotnosti 3000 kg a průměrem nábalu 1000 mm.



Obrázek 9 Válcovací linka – pohled 1 [autor]



Obrázek 10 Válcovací linka – pohled 2 [autor]

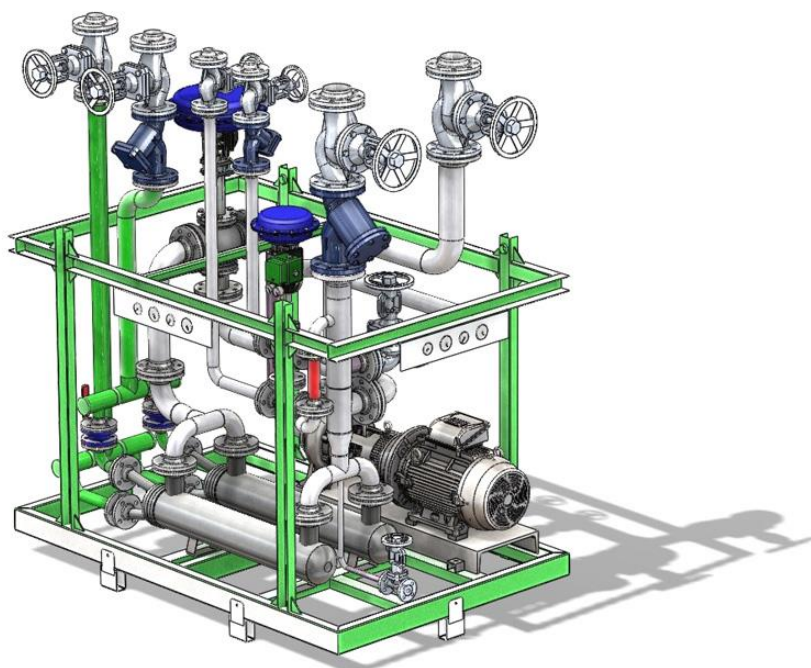
4.3.2 Temperační jednotky

Temperační jednotky jsou dodávkou italské společnosti Sella S.r.l., která se specializuje na navrhování a výrobu systému pro regulaci teploty a regulátorů průtoku.

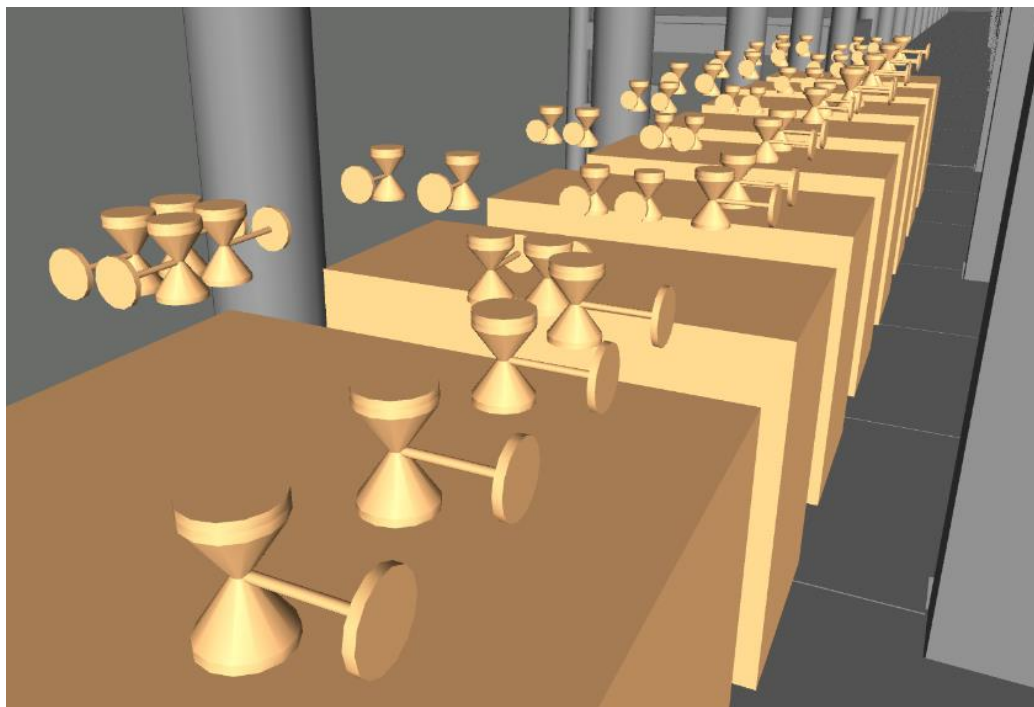
Temperační jednotka je kompaktní zařízení, které dle požadavků technologie připraví teplotu média do válců válcovací linky. Příprava požadovaných teplot je dosažena tepelným výměníkem (zařízení pro předávání tepla; dle velikosti TCU jsou trubkové nebo deskové) a dalšími komponenty, které jsou součástí tohoto zařízení. Jedná se o uzavírací armatury, filtry před vstupem média do zařízení, trojcestná armatura, vysokotlaké čerpadlo, zabezpečovací zařízení (expanzní nádoba – velikost dle množství tekutiny v TCU), tlakoměry, teploměry na vstupu a na výstupu z jednotky a průtokoměr.

Schopnost těchto jednotek je dle přesně definovaných požadavků dopravovat médium k místu spotřeby ve vysoce přesných parametrech, které jsou dodrženy díky ukazateli a hlídání minimálního průtoku, ukazateli a hlídání maximální povolené teploty a tlaku (minimální požadovaný tlak do TCU je 1 bar) a hlášení poruchových stavů vizuálně a se zvukovou signalizací.

Temperační jednotky jsou olejové, vodní, případně kombinované, které jsou určeny pro potrubní média termooleje, věžové chladicí vody a strojně chlazené vody. Hranice dodávky zařízení je příruba na uzavírací armatuře ve výšce +2,000 m. [22]



Obrázek 11 Temperační jednotka od výrobce [23]



Obrázek 12 Temperační jednotky na podestě +5,600 m [autor]

4.4 Postup řešení a softwarové využití

Pro návrh potrubních rozvodů pro VL bylo nutné zpracovat „Výpočtové schéma napojení válcovací linky“, ve kterém se dle výkonových parametrů technologie a potřeb navrhly světlosti potrubí (dimenze) těchto médií:

- termoolej (TO),
- věžová chladicí voda (VCH),
- stroje chlazená voda (VC),
- stlačený vzduch (VZ6),
- sekundární okruhy (SC).

Na základě výpočtového schématu se potrubní rozvody začaly navrhovat do 3D modelu stavby, kde se využily ocelové konstrukce a potrubní most k VL. Veškeré práce na 3D modelu probíhaly v programu Cadmatic, ve kterém bylo nejprve potřeba ze získaných podkladů (.pdf) k temperačním jednotkám vymodelovat samotná zařízení tak, aby je bylo možné osadit do 3D modelu a následně na ně navrhnout a napojit potrubí primárních a sekundárních okruhů. Dále se zde řešil návrh tepelné izolace a způsob uložení potrubí, doplněný kompenzátory.

Následně po dokončení návrhových prací na 3D modelu se potrubní rozvody exportovaly do programu AutoCAD, kde se osadily do stavebně-technologických výkresů. V dalším kroku se do výkresů doplnily všechny potřebné detaily, kóty, popisy, aj., aby výkresová část byla na úrovni **prováděcí dokumentace**. Grafické výstupy 3D objektů obsažené v této práci byly vytvořeny v prohlížečím a koordinačním programu Navisworks.

Pro tvorbu podrobného rozpočtu nejprve posloužil 3D program Cadmatic, ze kterého byl na základě vytvořeného modelu získán podrobný výpis materiálu, který se následně využil ke zhotovení rozpočtu v programu Verox. Textová část byla zpracována v textovém procesoru Microsoft Word a v tabulkovém procesoru Microsoft Excel.

Poznámka: Je důležité podotknout, že předmětem této práce není návrh zdrojů pro potřebná média, ale pouze její rozvody.

5 VÝPOČTOVÁ A NÁVRHOVÁ ČÁST

5.1 Výpočet světlosti potrubí

Pro výpočet světlosti potrubí je nejprve třeba provést výpočet průtoku v potrubí, výpočet plochy průřezu potrubí a z těchto výsledných hodnot se dostaneme k výpočtu světlosti potrubí.

Pro uvedení vzorového výpočtu je uvažována část páteřního rozvodu potrubí termooleje - výpočtový úsek A (viz Příloha – BP 004 Výpočtové schéma napojení válcovací linky).

Výpočet průtoku v potrubí:

$$m = \frac{Q}{C \cdot \Delta T} \quad (5.1.1)$$

kde:	m	průtok v potrubí	$[l \cdot s^{-1}]$,
	Q	množství tepla	$[W]$,
	C	měrná tepelná kapacita	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$,
	ΔT	teplotní rozdíl: $\Delta T = (T_2 - T_1)$	$[^{\circ}C]$,
		• T_1 – teplota média vratu	$[^{\circ}C]$,
		• T_2 – teplota média přívodu	$[^{\circ}C]$. [24]

Množství tepla, které je nutno přepravit $Q = 1100 \text{ kW} = 1100000 \text{ W}$, měrná tepelná kapacita u média termooleje při střední teplotě média ($240^{\circ}C$) je $C = 2680 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a rozdíl teplot ΔT je počítán mezi teplotou média přívodu $T_2 = 260^{\circ}C$ a teplotou média vratu $T_1 = 220^{\circ}C$.

Dosazení do vztahu 5.1.1:

$$m = \frac{Q}{C \cdot \Delta T} = \frac{1100000}{2680 \cdot (260 - 220)} = 10,26 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$m = 10,26 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} = 0,01026 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 3600 = 36,94 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 36940 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Při zadaných hodnotách je průtok v potrubí $m = 10,26 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow 36940 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$.

Výpočet plochy průřezu potrubí:

$$S = \frac{m}{w} \quad (5.1.2)$$

kde: S plocha průřezu potrubí $[m^2]$,
 m průtok v potrubí $[m^3 \cdot s^{-1}]$,
 w rychlost proudění tekutiny $[m \cdot s^{-1}]$. [24]

Z přechodího výpočtu je dosazena hodnota průtoku v potrubí $m = 0,01026 m^3 \cdot s^{-1}$ a rychlost proudění tekutiny $w = 1,18 m \cdot s^{-1}$ (viz Tabulka 4).

Dosazení do vztahu 5.1.2:

$$S = \frac{m}{v} = \frac{0,01026}{1,18} = 0,00996 m^2$$

Při zadaných hodnotách je plocha průřezu potrubí $S = 0,00996 m^2$.

Výpočet vnitřního průměru potrubí:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (5.1.3)$$

kde: d průměr potrubí $[m]$,
 S plocha průřezu potrubí $[m^2]$. [24]

Z přechodího výpočtu je dosazena hodnota plochy průřezu potrubí $S = 0,00996 m^2$.

Dosazení do vztahu 5.1.3:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00996}{\pi}} = 0,112 m = 112 mm$$

Dle výpočtu vychází vnitřní průměr páteřní trasy potrubí termooleje 112 mm a při konečném návrhu jmenovité světlosti potrubí se volí potrubí „nejbližší – vyšší“ s vnitřním průměrem 124 mm → DN 125 (viz Tabulka 2).

5.2 Výpočet tlakových ztrát v potrubí

Tlakové ztráty v potrubí kruhového průřezu:

$$\Delta p_z = \zeta \rho \frac{w^2}{2} \quad (5.2.1)$$

kde:	Δp_z	tlaková ztráta	[Pa],
	ζ	ztrátový součinitel potrubí	[-],
	ρ	hustota proudícího média	[kg·m ⁻³],
	w	střední rychlost proudění	[m·s ⁻¹]. [25]

$$\zeta = \lambda \frac{l}{D} \quad (5.2.2)$$

kde:	ζ	ztrátový součinitel potrubí	[-],
	λ	součinitel tření	[-],
	l	délka potrubí	[m],
	D	vnitřní průměr potrubí	[m]. [25]

Pro laminární proudění:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (5.2.3)$$

kde:	λ	součinitel tření	[-],
	Re	Reynoldsovo číslo	[-]. [25]

Pro turbulentní proudění:

$$\lambda = f(Re, \epsilon) \quad (5.2.4)$$

kde:	Re	Reynoldsovo číslo	[-],
	ϵ	relativní drsnost potrubí	[-],

Pro drsnost potrubí:

$$\epsilon = \frac{k}{D} \quad (5.2.5)$$

kde: ϵ relativní drsnost potrubí [-],
 k absolutní drsnost vnitřních stěn potrubí [mm],
 D vnitřní průměr potrubí [m]. [25]

Tabulka 3 Přehled hydraulických drsností vnitřních stěn potrubí (upraveno autorem [25])

Druh potrubí [-]	Hydraulická drsnost vnitřních stěn potrubí k [mm]
azbestocementové	0,5
ocelové bezešvé	0,01 - 0,02
ocelové svařované	0,03 - 0,1
litinové	0,01 - 0,16
plastové	0,001 - 0,003
betonové	0,15 - 0,5

Každý druh materiálu má jinou drsnost vnitřního povrchu potrubí a pro potřeby bakalářské práce jsou v tabulce uvedeny hodnoty pro potrubí „nové“.

Pro pokles celkové měrné energie média:

$$\Delta Z_{z,p} = \frac{\Delta p_z}{\rho g} \quad (5.2.6)$$

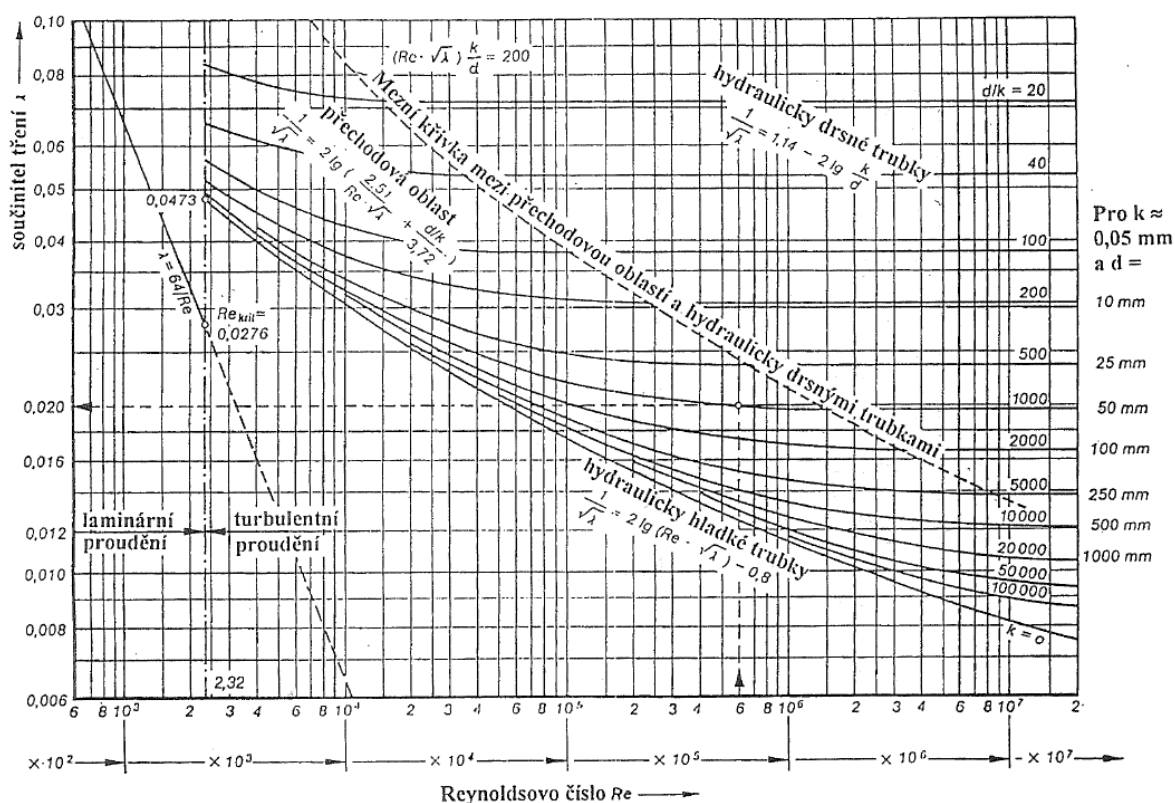
kde: $\Delta Z_{z,p}$ pokles celkové měrné energie média [m],
 Δp_z tlaková ztráta [Pa],
 ρ hustota proudícího média [kg·m⁻³],
 g gravitační zrychlení [m·s⁻²]. [25]

Celková tlaková ztráta měrné energie pro potrubí:

$$Z_t = \frac{\lambda l}{D} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (5.2.7)$$

kde:	Z_t	pokles celkové měrné energie proudění	[m],
	λ	součinitel tření	[-],
	l	délka potrubí	[m],
	D	vnitřní průměr potrubí	[m],
	w	střední rychlost proudění	[m·s ⁻¹],
	g	gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]. [25]

Poznámka: Pro zjednodušené určení součinitele tření λ může posloužit graf (viz Obrázek 13 níže). Tento graf má závislost na pěti parametrech: průměr potrubí, hustota média, rychlost proudění, dynamická viskozita a hydraulická drsnost potrubí.



Obrázek 13 Součinitel tření [12]

5.3 Návrh potrubí

Návrh potrubí je rozdělen dle médií a výpočtových úseků páteřních rozvodů do tabulek, které mají návaznosti na výkres (viz Příloha – BP 004 Výpočtové schéma napojení válcovací linky). Výpočtový úsek = potrubí přívodu a vratu.

Dle ukázkového výpočtu úseku **A** u páteřní trasy potrubí termooleje v předchozí kapitole 5.1 a teoretickém uvedení výpočtových vzorců v kapitole 5.2 jsou tímto způsobem navrženy i další páteřní trasy potrubí (VCH a VC), které jsou vypočteny v návrhových tabulkách (MS Excel), a to včetně celkové tlakové ztráty (viz Tabulka 4–7). Výpočet páteřní trasy potrubí VZ6 je uveden v kapitole 5.3.4. V místních odporech ξ jsou započítána kolena, odbočky, redukce, napojení na zdroj média a dna pro výhledové napojení.

Co se týká samostatných odboček z páteřních rozvodů na temperační jednotky (primární okruhy), nebo potrubí z temperačních jednotek na technologii válcovací linky (sekundární okruhy), tak dimenze potrubí jsou volena dle požadavku dodavatele technologie, které jsou dány velikostí napojovacích uzavíracích armatur ve výkrese (viz Příloha – BP 004 Výpočtové schéma napojení válcovací linky).

5.3.1 Návrh potrubí termooleje

Vstupní údaje pro výpočet:

- teplota přívodu $T_1 = 260\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- teplota vratu $T_2 = 220\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- střední teplota $T_3 = 240\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- výška $h = 10,2\text{ m}$,
- hydraulická drsnost ocelového bezešvého potrubí $k = 0,02\text{ mm}$,
- hustota tekutiny pro střední teplotu $\rho = 719\text{ kg}\cdot\text{m}^3$,
- měrná tepelná kapacita pro střední teplotu $C = 2680\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- kinematická viskozita pro střední teplotu $\nu = 0,735\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabulka 4 Návrh potrubí termooleje (autor)

Ú S E K	Množ- ství tepla Q [kW]	Průtok m [kg/h]	Délka úseku l [m]	Návr- hové DN [mm]	Měrná ztráta R [Pa/m]	Rychlost w [m/s]	Místní odpory $\sum \xi$	Z [Pa]	$R\cdot l$ [Pa]	Celkové ztráty $R\cdot l + Z$ [Pa]
A	1100	36940	140	125	65	1,18	4	2714	9072	11786
B	990	21282	4	125	24	0,68	2	450	94	544
C	880	18917	4	125	19	0,61	6	1068	75	1143
D	770	16552	4	100	42	0,81	2	644	169	813
E	720	15477	4	100	37	0,76	2	563	150	713
F	670	14403	4	100	33	0,71	2	488	131	619
G	590	12683	4	100	26	0,62	2	378	104	482
H	540	11608	4	80	58	0,85	6	2103	234	2337

$\Sigma 18437\text{ Pa}$

Za úsekem H je potrubí ukončeno dnem pro výhledové napojení, které je možné využít pro množství tepla o výkonu až 540 KW.

Celková tlaková ztráta páteřní trasy potrubí termooleje je 18437 Pa.

5.3.2 Návrh potrubí věžové chladicí vody

Vstupní údaje pro výpočet:

- teplota přívodu $T_1 = 25\text{ °C}$,
- teplota vratu $T_2 = 35\text{ °C}$,
- střední teplota $T_3 = 30\text{ °C}$,
- výška $h = 10,2\text{ m}$,
- hydraulická drsnost ocelového bežešvého potrubí $k = 0,02\text{ mm}$,
- hustota tekutiny pro střední teplotu $\rho = 996\text{ kg}\cdot\text{m}^3$,
- měrná tepelná kapacita pro střední teplotu $C = 4176\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- kinematická viskozita pro střední teplotu $\nu = 0,805\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabulka 5 Návrh potrubí věžové chladicí vody (autor)

Ú S E K	Množ- ství chlada Q [kW]	Průtok m [kg/h]	Délka úseku l [m]	Návr- hové DN [mm]	Měrná ztráta R [Pa/m]	Rych- lost w [m/s]	Místní odpory $\sum \xi$	Z [Pa]	R·l [Pa]	Celkové ztráty $R \cdot l + Z$ [Pa]
CH	1300	111785	8	150	153	1,76	4	6050	1222	7272
I	1200	103186	8	150	131	1,63	6	7733	1051	8784
J	1150	98886	6	150	121	1,56	2	2367	727	3094
K	1070	92007	4	150	106	1,45	2	2049	423	2472
L	990	85128	4	150	92	1,34	2	1754	366	2120
M	840	72230	4	150	67	1,14	2	1263	269	1539
N	760	65351	4	150	56	1,03	2	1033	224	1257
O	680	58472	4	150	46	0,92	2	828	182	1010
P	600	51593	4	150	36	0,81	2	644	145	789
Q	450	38694	4	150	21	0,61	6	1088	85	1173

Σ 29510 Pa

Za úsekem Q je potrubí ukončeno dnem pro výhledové napojení, které je možné využít pro množství chladu o výkonu až 450 KW.

Celková tlaková ztráta páteřní trasy potrubí věžové chladicí vody je 29510 Pa.

5.3.3 Návrh potrubí strojně chlazené vody

Vstupní údaje pro výpočet:

- teplota přívodu $T_1 = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- teplota vratu $T_2 = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- střední teplota $T_3 = 9\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- výška $h = 10,2\text{ m}$,
- hydraulická drsnost ocelového bezešvého potrubí $k = 0,02\text{ mm}$,
- hustota tekutiny pro střední teplotu $\rho = 999\text{ kg}\cdot\text{m}^3$,
- měrná tepelná kapacita pro střední teplotu $C = 4195\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- kinematická viskozita pro střední teplotu $\nu = 1,300\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabulka 6 Návrh potrubí strojně chlazené vody (autor)

Ú S E K	Množ- ství chladu Q [kW]	Průtok m [kg/h]	Délka úseku l [m]	Návr- hové DN [mm]	Měrná ztráta R [Pa/m]	Rych- lost w [m/s]	Místní odpory $\sum \xi$	Z [Pa]	$R\cdot l$ [Pa]	Celkové ztráty $R\cdot l + Z$ [Pa]
R	700	100320	16	150	133	1,58	6	7265	2133	9398
S	650	93154	8	150	116	1,47	2	2088	930	3018
T	570	81689	2	150	91	1,29	2	1605	182	1787
U	520	74523	4	150	77	1,17	4	2673	309	2982
V	465	66641	2	125	160	1,53	2	2288	320	2608
W	410	58758	2	125	127	1,35	4	3558	254	3812

$\Sigma 23605\text{ Pa}$

Za úsekem W je potrubí ukončeno dnem pro výhledové napojení, které je možné využít pro množství chladu o výkonu až 410 KW.

Celková tlaková ztráta páteřní trasy potrubí strojně chlazené vody je 23605 Pa.

5.3.4 Návrh potrubí stlačeného vzduchu

Vstupní údaje pro výpočet:

- teplota tekutiny $T = 24\text{ °C}$,
- výška $h = 10,2\text{ m}$,
- hydraulická drsnost ocelového bežešvého potrubí $k = 0,02\text{ mm}$,
- hustota tekutiny $\rho = 1,188\text{ kg}\cdot\text{m}^3$,
- měrná tepelná kapacita pro teplotu tekutiny $C = 1010\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- kinematická viskozita pro teplotu tekutiny $\nu = 1,330\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$,
- min. kapacita $300\text{ Nm}^3/\text{h}$ při 6-7 bar (pro výpočet $350\text{ Nm}^3/\text{h}$).

Výpočet vnitřního průměru potrubí pro 6-7 bar:

$$d = 20\sqrt{Q} \quad (5.3.4.1)$$

kde: d průměr potrubí [mm],
 Q množství vzduchu [Nm^3/min]. [18]

Množství vzduchu $Q = 350\text{ Nm}^3/\text{h} = 5,83\text{ Nm}^3/\text{min}$ se doplní do vztahu.

Dosazení do vztahu 5.3.4.1:

$$d = 20\sqrt{Q} = 20\sqrt{5,83} = 48,29\text{ mm}$$

Dle výpočtu vychází vnitřní průměr páteřní trasy potrubí stlačeného vzduchu 48,29 mm a při konečném návrhu jmenovité světlosti potrubí se volí potrubí „nejbližší – vyšší“ s vnitřním průměrem 51,20 mm → DN 50 (viz Tabulka 2).

Výpočet tlakové ztráty potrubí stlačeného vzduchu:

$$\Delta p = \frac{f \cdot Q^{1,85} \cdot l}{d^5 \cdot p} \quad (5.3.4.2)$$

kde: Δp tlaková ztráta [bar],
 f koeficient odporu $1,6 \cdot 10^8$ [-],
 Q množství vzduchu [Nm^3/s],
 l délka potrubí [m],
 d průměr potrubí [m],
 p tlak v potrubí [bar]. [18]

Koeficient odporu $f = 1,6 \cdot 10^8$, množství vzduchu které se má převést potrubím $Q = 5,83 \text{ Nm}^3/\text{min} = 0,097 \text{ Nm}^3/\text{s}$, délka páteřní trasy $l = 56 \text{ m}$, vnitřní průměr potrubí $d = 51,20 \text{ mm}$ a tlak stlačeného vzduchu $p = 6,5 \text{ bar}$.

Dosazení do vztahu 5.3.4.2:

$$\Delta p = \frac{f \cdot Q^{1,85} \cdot l}{d^5 \cdot p} = \frac{1,6 \cdot 10^8 \cdot 0,097^{1,85} \cdot 56}{51,20^5 \cdot 6,5} = 0,0484 \text{ bar} = \mathbf{484 \text{ Pa}}$$

Tabulka 7 Návrh potrubí stlačeného vzduchu (autor)

Ú S E K	Množství vzduchu Q [Nm ³ /h]	Délka úseku l [m]	Návrhové DN [mm]	Měrná ztráta R [Pa/m]	R·l [Pa]	Celkové ztráty [Pa]
X	350	56	50	8,64	484	484

Σ 484 Pa

Celková tlaková ztráta páteřní trasy potrubí stlačeného vzduchu je 484 Pa.

5.4 Výpočet tepelných ztrát potrubí

Výpočet tepelné ztráty potrubí:

$$Q_{ztr} = U_o \cdot l \cdot (t_{in} - t_{out}) \quad (5.4.1)$$

kde: Q_{ztr} tepelná ztráta potrubí [W],
 U_o součinitel prostupu tepla válcovou stěnou [W/m·K],
 l délka potrubí [m],
 t_{in} teplota média uvnitř potrubí [°C],
 t_{out} teplota v okolí [°C]. [26]

Tabulka 8 Hodnoty součinitelů prostupu tepla válcovou stěnou (upraveno autorem [26])

DN [mm]	10-15	20-32	40-65	80-125	150-200
U_o [W/m·K]	0,15	0,18	0,27	0,34	0,40

Pro uvedení vzorového výpočtu tepelných ztrát potrubí je počítáno pro páteřní trasu termooleje DN 125. Součinitel prostupu tepla válcovou stěnou je určen dle Tabulky 8. Pro výpočet je uvažováno s délkou potrubí $l = 1$ m. Teplota média uvnitř potrubí $t_{in} = 260$ °C a teplota okolí $t_{out} = 20$ °C.

Dosazení do vztahu 5.4.1:

$$Q_{ztr} = U_o \cdot l \cdot (t_{in} - t_{out}) = 0,239 \cdot 1 \cdot (260 - 20) = \mathbf{57,3 \text{ W}}$$

Při výpočtu tepelné ztráty potrubí se mění součinitel prostupu tepla válcovou stěnou v závislosti na tloušťce tepelné izolace. Pro výpočet vyhovovala tloušťka tepelná izolace 120 mm, proto součinitel prostupu tepla válcovou plochou je $U_o = 0,239$ W/m·K.

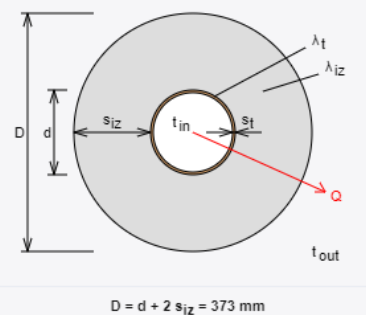
Z výpočtu vyplývá, že na délku jednoho metru má potrubí termooleje tepelnou ztrátu s izolací kruhového průřezu 57,3 W/m (viz Obrázek 14 níže). Páteřní trasa termooleje má délku 160 m $\rightarrow 160 \text{ m} \cdot 57,3 \text{ W} = 9168 \text{ W}$. Celková tepelná ztráta páteřní trasy potrubí termooleje s izolací kruhového průřezu je 9168 W.

Poznámka: Kdyby potrubí nemělo tepelnou izolaci, tak na délku jednoho metru by tepelná ztráta potrubí byla 1001,9 W/m a na celý potrubní rozvod by tak tepelná ztráta byla 160304 W.

Energetická úspora izolovaného potrubí činí 94%!

Izolace	
-- Vlastní hodnoty --	
Rozměry izolace	
Tloušťka	$s_{iz} = 120$ mm
Souč. tepelné vodivosti	$\lambda_{iz} = 0.040$ W / m K

Trubka	
Ocelové trubky bezešvé	
Rozměry trubky - DN 125 (5")	
Průměr	$d = 133$ mm
Tloušťka stěny	$s_t = 4.5$ mm
Souč. tepelné vodivosti	$\lambda_t = 50$ W / m K



Potrubí	
Teplota média	$t_{in} = 260$ °C
Teplota v okolí potrubí	$t_{out} = 20$ °C
Relativní vlhkost vzduchu	$rh = 65$ % ???
Teplota rosného bodu	$t_w = 13.6$ °C
Součinitel přestupu tepla	
na vnějším povrchu	$\alpha_e = 10$ W / m ² K
Délka potrubí	$l = 1$ m

Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)	DN 80 - DN 125 => $U_{0,193/2007} = 0.34$ W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí	$U_0 = 0.239 \leq 0.34$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí	$t_{p,iz} = 24.9$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace	$q_p = 1001.9$ W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací	$q_{iz} = 57.3$ W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí	94 %
Střední spotřeba izolace	0.7948 m ² - platí pro plošnou izolaci

Obrázek 14 Tepelná ztráta potrubí termooleje s izolací kruhového průřezu [27]

Potrubí sekundárních okruhů má délku 587 m a průměrná tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu na jeden metr je 35,4 W/m $\rightarrow 587 \text{ m} \cdot 35,4 \text{ W} = 20780 \text{ W}$. **Celková tepelná ztráta potrubí sekundárních okruhů s izolací kruhového průřezu je 20780 W.**

Poznámka: Kdyby potrubí nemělo tepelnou izolaci, tak na délku jednoho metru by tepelná ztráta potrubí byla 475 W/m a na celý potrubní rozvod by tak tepelná ztráta byla 278825 W.

Energetická úspora izolovaného potrubí činí 93%!

Páteční trasa strojně chlazené vody má délku 46 m a průměrná tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu na jeden metr je $(-5,5 \text{ W/m}) \rightarrow 46 \text{ m} \cdot (-5,5 \text{ W}) = (-253 \text{ W})$. **Při zadaných hodnotách nedochází k tepelným ztrátám potrubí, ale pouze k nutnosti izolace potrubí z důvodu vzniku kondenzace na povrchu potrubí.**

5.5 Návrh tepelné izolace

Výpočet a následný návrh tepelné izolace je uvažován pro potrubí termoleje (260/220 °C), sekundárních okruhů (190/170 °C) a strojně chlazené vody (6/12 °C). Návrh je ověřen dle online kalkulatoru na tzb-info.cz (Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu), aby součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí **vyhovoval** požadavkům vyhlášky č. 193/2007, kterou se stanovují podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

Tabulka 9 Návrh tepelných izolací pro TO, SC a VC [autor]

Termolej a sekundární okruhy		Strojně chlazená voda	
DN potrubí [mm]	Tloušťka tepelné izolace [mm]	DN potrubí [mm]	Tloušťka tepelné izolace [mm]
15	80	15	25
20	80	25	27
25	100	32	27
32	100	40	27,5
40	100	50	29
50	100	65	30
80	100	125	50
100	60+60 (120)	150	50
125	60+60 (120)	200	50

Návrh:

Tepelná izolace pro potrubí termooleje je navržena proti ztrátě tepla a v případě, že tepelná izolace má větší tloušťku než 100 mm, je uvažováno, že bude dvouvrstvá.

Je navržena dvouvrstvá tepelná izolace 2 x 60 mm, která je ve formě lamelových rohoží z minerální vlny a s hliníkovou fólií. Izolace je vyrobena firmou Knauf Insulation, s.r.o., typ - LMF 5AluR a odolává teplotě až do 600 °C. Z důvodu bezpečnosti je tepelná izolace po celé délce páteřního rozvodu potrubí termooleje ještě obalená v hliníkovém plechu.

Sekundární okruhy jsou izolovány proti ztrátě tepla tepelně izolačními pouzdry s hliníkovou fólií. Izolace je vyrobena firmou Knauf Insulation, s.r.o., typ - KPS 041 AluR a odolává teplotě až do 600 °C.

Strojně chlazená voda je izolována proti ztrátě chladu na bázi syntetického kaučuku izolačními hadicemi a izolačními deskami šíře 1 m (platí pro DN 125-200). Izolace je vyrobena firmou Isool, s.r.o., typ – Armaflex AF-5 a Armaflex AF-50.

Izolace armatur je navržena do snímatelných izolačních pouzder dle teplot do 150 °C nebo do 280 °C. Výrobce je firma AZ FLEX, a.s. – typ TEMKET.

5.6 Výpočet teplotní roztažnosti potrubí – kompenzace

Výpočet teplotní roztažnosti:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T \quad (5.6.1)$$

kde: Δl délkový rozdíl (prodloužení potrubí) [mm],
 α součinitel teplotní roztažnosti materiálu potrubí [mm/m·K],
 l délka potrubí [m],
 ΔT teplotní rozdíl: $\Delta T = (T_2 - T_1)$ [°C],
 • T_1 – montážní teplota [°C],
 • T_2 – maximální teplota média [°C]. [28]

Tabulka 10 Hodnoty součinitelů teplotní roztažnosti potrubí (upraveno autorem [28])

Materiál potrubí [-]	Součinitel teplotní roztažnosti α [mm/m·K]
ocel	0,012
ušlechtilé oceli	0,016
měď	0,017
hliník	0,024
polybuten	0,12
polypropylen	0,15
síťovaný PE/PEX	0,180

Výpočet teplotní roztažnosti potrubí je počítán pro potrubí termooleje 2x DN 125 na celkovou délku $l = 80$ m. Součinitel teplotní dilatace ocelového potrubí je určen dle Tabulky 10 - $\alpha = 0,012$ mm/m·K. Rozdíl teplot ΔT je počítán mezi maximální teplotou média $T_2 = 260$ °C a montážní teplotou $T_1 = 15$ °C.

Dosazení do vztahu 5.6.1:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T = 0,012 \cdot 80 \cdot (260 - 15) = \mathbf{235,20\ mm}$$

Kdyby se potrubní trasa v *SO 307 Koridor* uvažovala jako jeden celý úsek pro kompenzaci, tak na 80 m potrubí termooleje se potrubí prodlouží o 235,20 mm.

Je třeba tedy vhodně zvolit počet kompenzačních úseků s ohledem na dispoziční řešení a možnosti uložení potrubí v návaznosti na pevné body (PB). Celá potrubní trasa je uložena na ocelové konstrukci, kde je možnost osazení kluzných podpor s osovým vedením a zhotovení pevných bodů po 2 m.

Potrubní trasa je rozdělena do dvou kompenzačních vzdáleností, a to rozmístění PB po 6 a 12 m (viz Obrázek 15 níže).

Výpočet teplotní roztažnosti potrubí je počítán pro potrubí termooleje 2x DN 125 na celkovou délku $l = 6$ m. Součinitel teplotní dilatace ocelového potrubí je určen dle tabulky 10 - $\alpha = 0,012$ mm/m·K. Rozdíl teplot ΔT je počítán mezi maximální teplotou média $T_2 = 260$ °C a montážní teplotou $T_1 = 15$ °C.

Dosazení do vztahu 5.6.1:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T = 0,012 \cdot 6 \cdot (260 - 15) = \mathbf{17,64\ mm}$$

Na vzdálenost pevných bodů po 6 m se potrubí prodlouží o 17,64 mm.

Výpočet teplotní roztažnosti potrubí je počítán pro potrubí termooleje 2x DN 125 na celkovou délku $l = 12$ m. Součinitel teplotní dilatace ocelového potrubí je určen dle tabulky 10 - $\alpha = 0,012$ mm/m·K. Rozdíl teplot ΔT je počítán mezi maximální teplotou média $T_2 = 260$ °C a montážní teplotou $T_1 = 15$ °C.

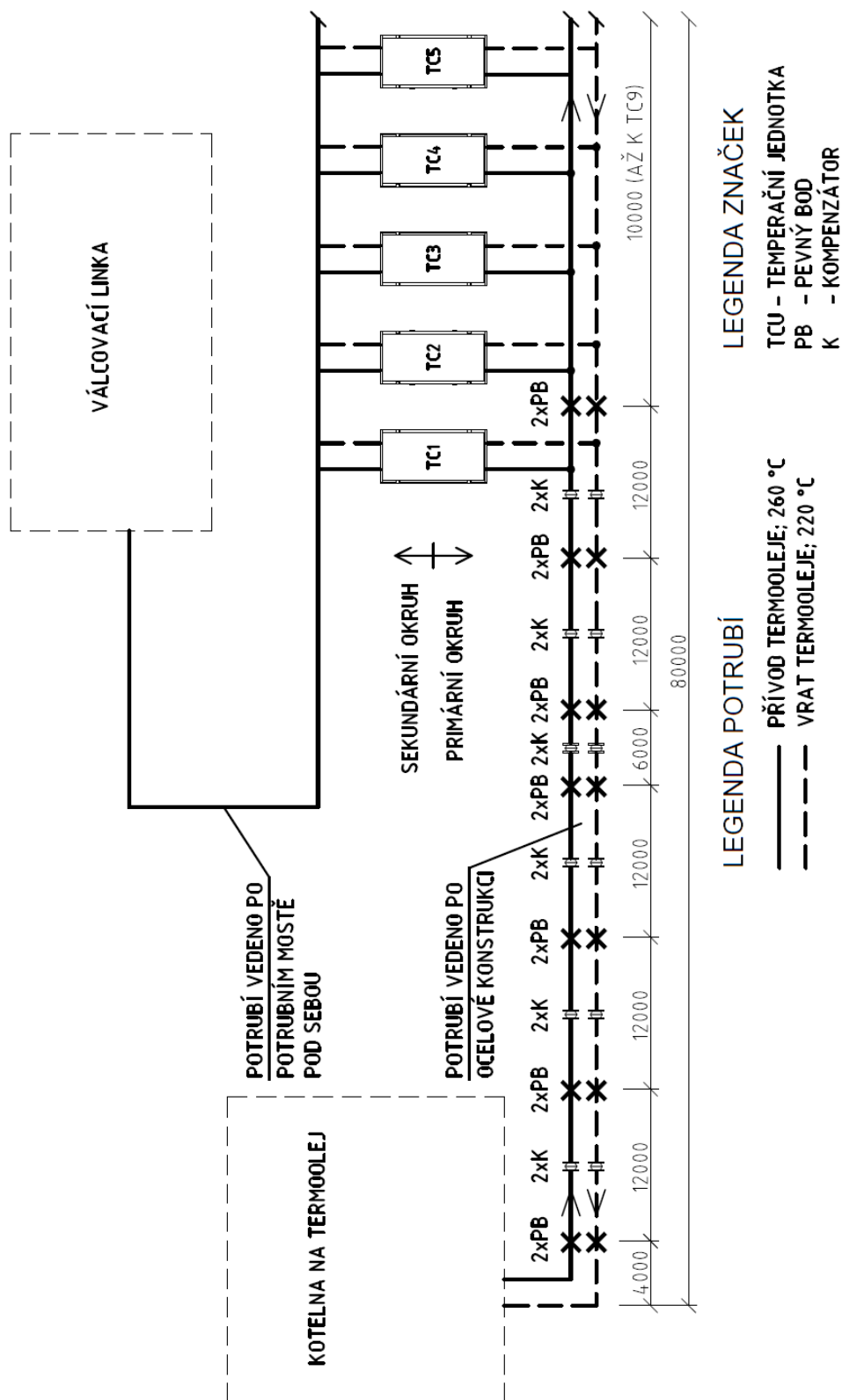
Dosazení do vztahu 5.6.1:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T = 0,012 \cdot 12 \cdot (260 - 15) = \mathbf{35,28\ mm}$$

Na vzdálenost pevných bodů po 12 m se potrubí prodlouží o 35,28 mm.

5.7 Návrh pevných bodů a kompenzátorů

Z důvodu prostorových úspor pro kompenzaci potrubí je uvažováno s kompenzátory osovými.



Obrázek 15 Návrhové schéma pro osazení PB a kompenzátorů [autor]

Dle návrhového schématu pro osazení PB a kompenzátorů je celkem rozmístěno 12 kompenzátorů. Z toho 2 kompenzátory jsou uvažovány po 6 m a 10 kompenzátorů po 12 m.

Tabulka 11 Navržené hodnoty kompenzátorů [autor]

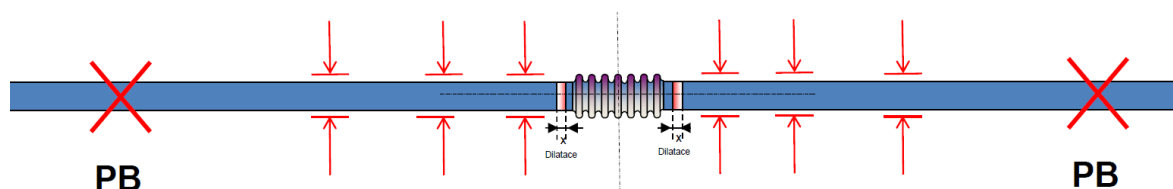
Délka úseku mezi PB [m]	Prodloužení úseku [mm]	Prodloužení kompenzátoru [mm]	Počet [ks]
6	17,64	max. 25	2
12	35,28	max. 50	10

Návrh:

Pro délku úseku mezi PB 6 m je navržen osový vlnovcový kompenzátor přivařovací DN 125 pro maximální prodloužení potrubí do 25 mm od firmy EagleBurgmann Czech s.r.o.

Pro délku úseku mezi PB 12 m je navržen osový vlnovcový kompenzátor přivařovací DN 125 pro maximální prodloužení potrubí do 50 mm od firmy EagleBurgmann Czech s.r.o.

Součástí návrhu osových vlnovcových kompenzátorů přivařovacích je nutné pro správné uložení potrubí zajistit osové vedení potrubí před i za kompenzátozem (viz Příloha 3 – Rozpočet).



Obrázek 16 Kompenzátor na potrubí s osovým vedením [29]

V případě nedodržení správného uložení potrubí se může potrubí zvlnit a může dojít k deformaci kompenzátoru.



Obrázek 17 Kompenzátor na potrubí bez osového vedení [29]

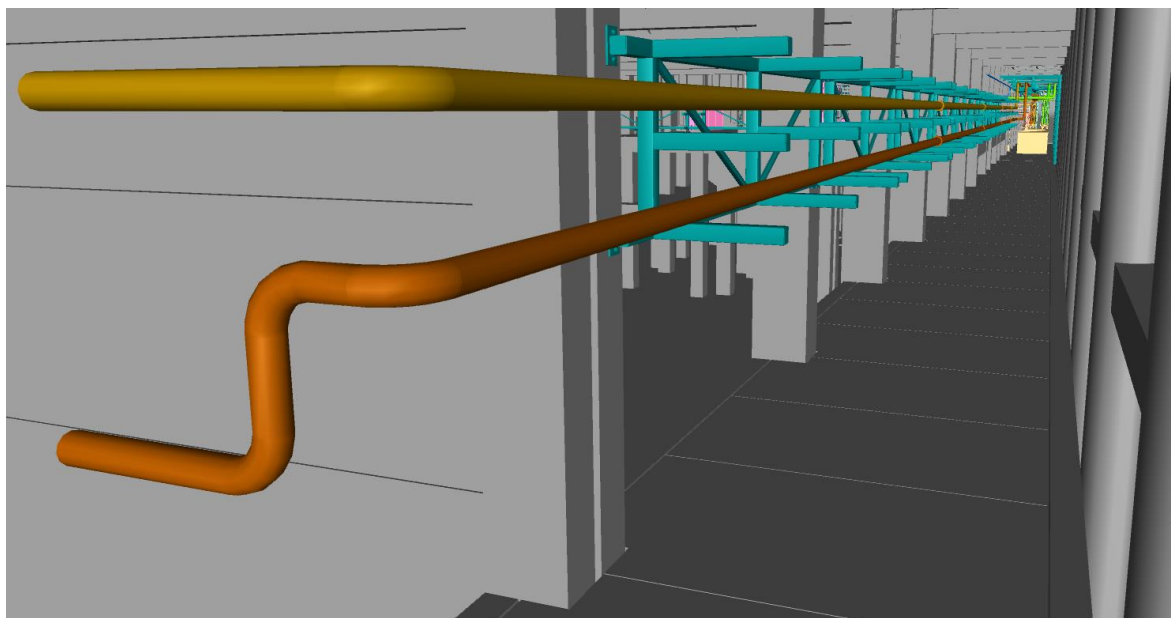
6 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

V této části jsou popsána veškerá technická řešení, způsob provedení a jejich napojení, které mají návaznost na grafické zpracování (3D model a výkresová část) a podrobný rozpočet (viz samostatná příloha).

6.1 Potrubní média

6.1.1 Termoolej (TO)

Zdrojem termooleje je plynová kotelná na termoolej. Potrubí přívodu a vratu jsou z kotelny vedena potrubím DN 125 po ocelové konstrukci v objektu *SO 307 Koridor*. Primárním okruhem se potrubí napojuje na temperační jednotky (TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6, TC7 a TC9) osazené na podestě na +5,600 m.



Obrázek 18 Vycházející potrubí z kotelny na termoolej k temperačním jednotkám [autor]

6.1.2 Věžová chladicí voda (VCH)

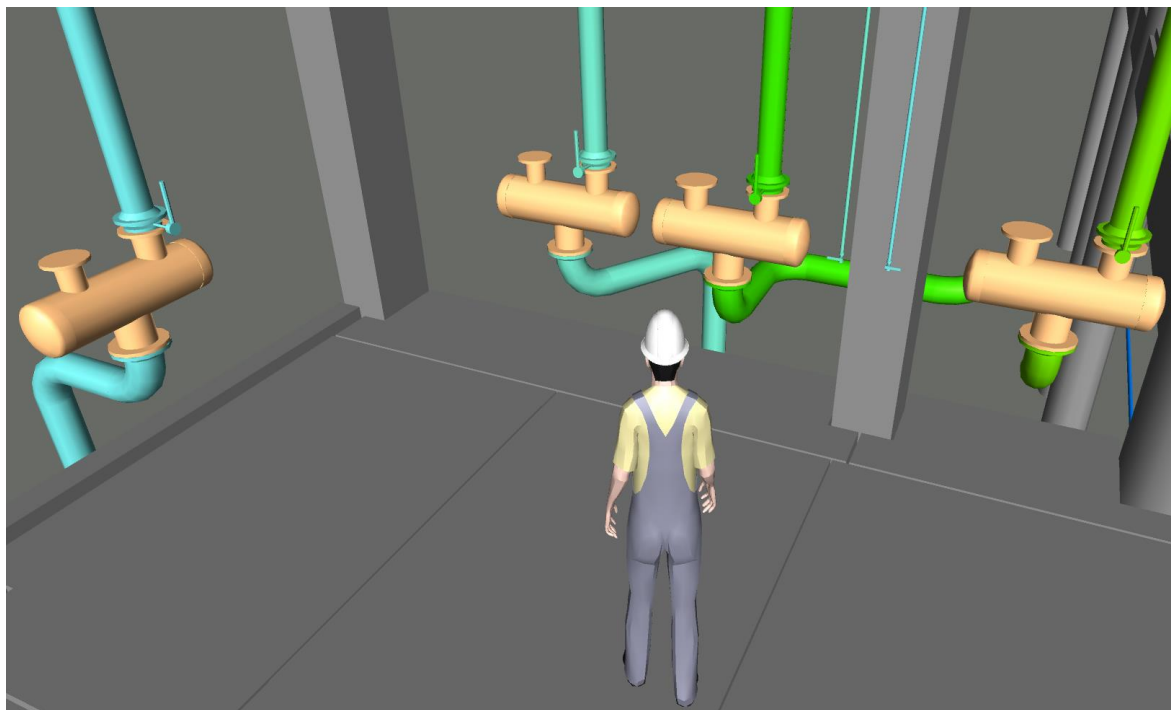
Zdrojem věžové chladicí vody je chladicí stanice. Po napojení na dodávku zdroje je na úrovni podesty +5,600 m osazený rozdělovač a sběrač pro věžovou chladicí vodu (+6,700 m, vč. uzavíracích armatur), odkud potrubí vede k technologií. Pátevní rozvod potrubí věžové chladicí vody pro válcovací linku je společně veden s rozvody termooleje, strojně chlazené vody a stlačeného vzduchu nad temperačními jednotkami v DN 150. Primárním okruhem se potrubí napojuje (ze strany rozdělovače) na temperační jednotky (TC10, TC9, TC6, TC5, TC4, TC3, TC2, TC1).

6.1.3 Strojně chlazená voda (VC)

Zdrojem strojně chlazené vody je chladicí stanice. Po napojení na dodávku zdroje je na úrovni podesty +5,600 m osazený rozdělovač a sběrač pro strojně chlazenou vodu (+6,700 m, vč. uzavíracích armatur), odkud potrubí vede k technologií. Páteční rozvod potrubí strojně chlazené vody pro válcovací linku je společně veden s rozvody termooleje, věžové chladicí vody a stlačeného vzduchu nad temperačními jednotkami v DN 150. Primárním okruhem se potrubí napojuje (ze strany rozdělovače) na temperační jednotky (TC10, TC9, TC8 – v instalačním kanále pod VL, a TC7) a technologii válcovací linky.

Rozdělovače a sběrače:

Každý rozdělovač a sběrač pro VCH (napravo – zeleně) a VC (nalevo – modře) je navržen na dva samostatné páteční okruhy v DN 150. Jeden okruh je pro válcovací linku a druhý je uvažován jako rezerva pro budoucí rozšíření výrobních kapacit. Rezerva je uvažována o podobných nebo menších výkonových parametrech jako na válcovací linku.



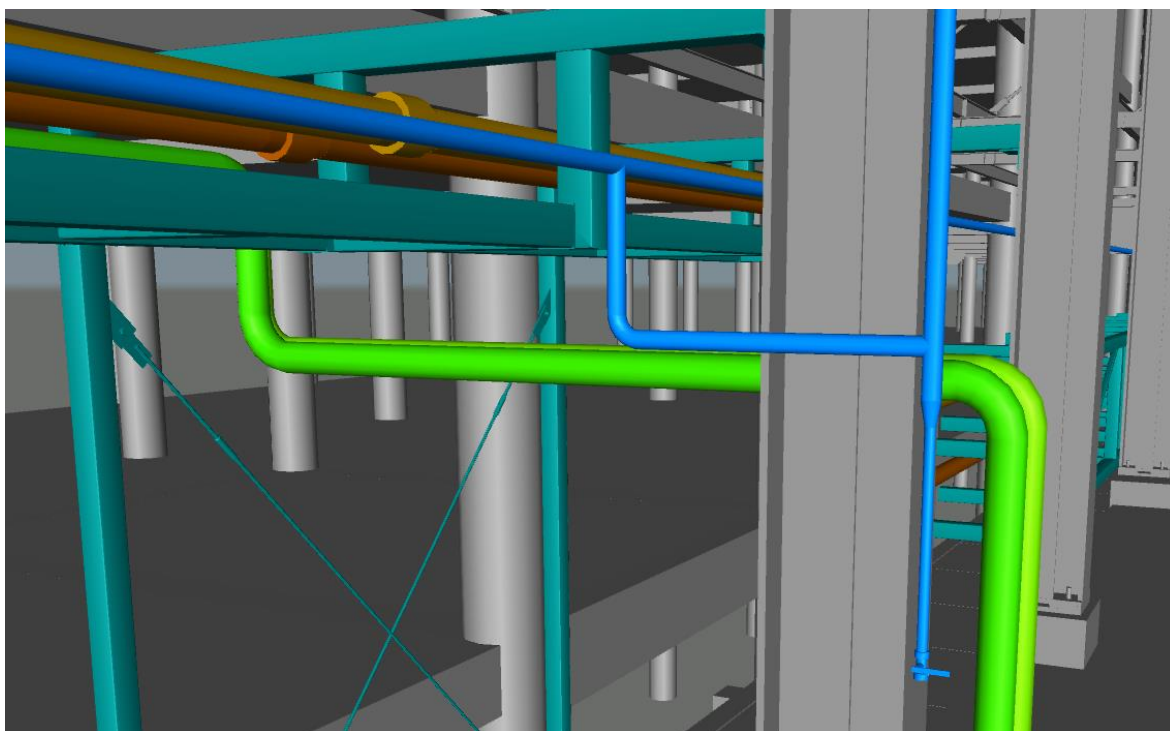
Obrázek 19 Rozdělovače a sběrače věžové a strojně chlazené vody [autor]

6.1.4 Stlačený vzduch (VZ6)

Zdrojem stlačeného vzduchu je kompresorová stanice. Po napojení na dodávku zdroje je páteční rozvod potrubí stlačeného vzduchu společně veden s rozvody termooleje, věžové chladicí vody a strojně chlazené vody nad temperačními jednotkami v DN 50. Z páteční trasy

je vyvedeno několik odboček. První odbočka je v DN 25, kde potrubí vede k válcovací lince na odběrná místa. Nad každou temperační jednotkou na podestě +5,600 m je z páteřního rozvodu vyvedena odbočka DN 15. Další odbočka je vedena po potrubním mostě k válcovací lince v DN 25, ze které jsou vyvedeny odbočky DN 15 na odběrná místa technologie. U sloupu F-13 je odbočka DN 50, která zajišťuje požadované množství stlačeného vzduchu pro výhledové napojení a také je zde uvažováno s odkalením, které je ukončené kulovým kohoutem KK25. Potrubí vede až ke sloupu F-9, kde je ukončeno s možností výhledového napojení.

Veškeré odbočky jsou v DN 15, ukončeny kulovými kohouty KK15. Vlastní napojení odběrného místa je provedeno PU hadičkami d10 a d12 mm.



Obrázek 20 Páteřní trasy na OK s pohledem na odkalení potrubí VZ6 [autor]

6.1.5 Sekundární okruhy (SC)

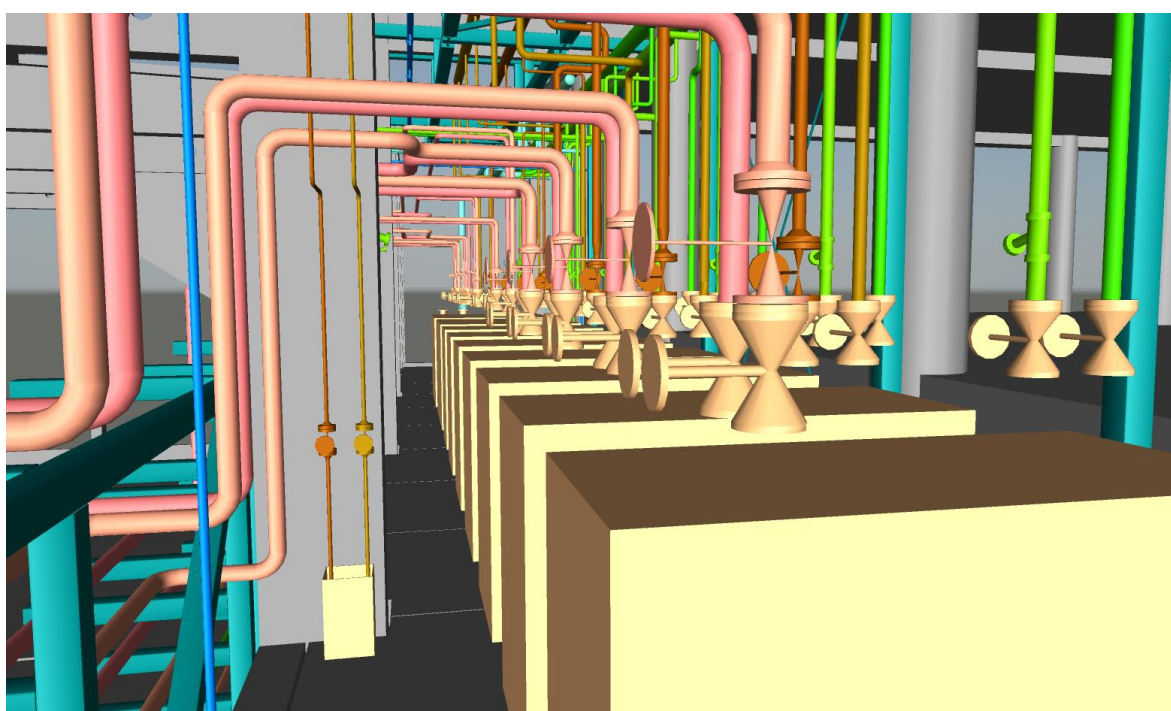
Válcovací linka je napojena z temperačních jednotek, které jsou osazené na podestě +5,600 m. Uzavírací armatury na temperačních jednotkách jsou jejich součástí. Hranice dodávky zařízení je příruba na uzavírací armatuře ve výšce +2,000 m.

Pro zaregulování jsou na přívodních potrubních trasách do technologie osazeny redukční ventily přírubové (pro TC1, TC2, TC3, TC4, TC5 a TC6) a ruční vyvažovací ventily závitové (pro TC7, TC9, TC10).

Pod každou temperační jednotkou jsou v místě podesty +5,600 m osazeny záchytné vany (9x) s vývodem DN 15 pro odpadní vodu (OV).

Odpadní voda ze společného potrubí je DN 25 a je vedena pod podestou a svedena ke sloupu D-17, kde je ukončena kulovým kohoutem KK25 ve výšce +1,200 m (uvažováno pro případ úkapů nebo poruchy zařízení).

Poznámka: Potrubí musí mít možnost být na nejvyšším místě odvzdušněno a na nejnižším místě vypuštěno. Pro bezpečné odvzdušnění termooleje, chladicí vody a strojně chlazené vody je použita plechová nádoba o objemu 20 litrů. Napojení temperačních jednotek a válcovací linky je kvůli teplotní roztažnosti potrubí a chvění zařízení přes kovové tlakové hadice s opletem.



Obrázek 21 Sekundární okruhy s pohledem na odvzdušnění termooleje do nádoby [autor]

6.2 Potrubí a armatury

Pro rozvod TO je navrženo potrubí z trubek ocelových bezešvých dle ČSN 42 5715 *Trubky ocelové bezešvé tvářené za tepla. Rozměry*, tř. 12 021.1 (do 400 °C). Armatury jsou uvažovány přírubové s teplotní odolností při daném tlaku do 280 °C.

Pro rozvod VCH, VC, VZ6 a OV je navrženo potrubí z trubek ocelových bezešvých závitových dle ČSN 42 5710 *Trubky ocelové závitové běžné. Rozměry*, tř. 11 353.1 (do 250 °C) a trubek ocelových bezešvých dle ČSN 42 5715 *Trubky ocelové bezešvé tvářené za*

tepla. Rozměry, tř. 11 353.1 (do 250 °C). Armatury jsou závitové, mezipřírubové a přírubové. Pro zaregulování sekundárních okruhů jsou použity vyvažovací a redukční ventily.

Montáž potrubí a potrubních dílů musí být provedena v souladu s konstrukčními a montážními požadavky dle ČSN EN 13480-4 *Kovová průmyslová potrubí – Část 4: Výroba a montáž*.

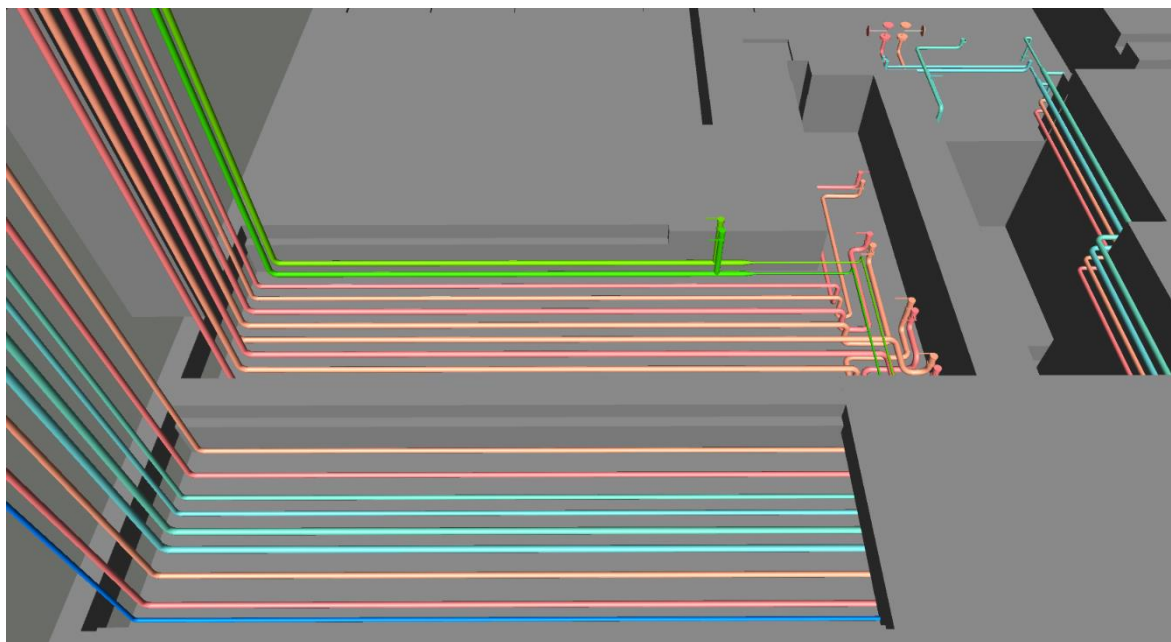
6.3 Uložení potrubí a kompenzace

Pro hlavní uchycení páteřních rozvodů slouží ocelová konstrukce v *SO 307 Koridor* a pro sekundární okruhy pro přívod médií k VL v *SO 303 Výrobní hala* potrubní most.

Potrubní rozvody TO jsou uchyceny pomocí kluzného uložení a kluzného uložení s osovým vedením. VCH, VC, VZ6 a OV jsou uchyceny pomocí kluzného uložení a závěsů potrubními objímkami na pomocné ocelové konstrukci zhotovené z profilovaných materiálů.

Kompenzace páteřních tras TO jsou řešena vhodně rozmístěnými pevnými body a osovými vlnovcovými kompenzátory. Dilatace páteřních tras VCH a VC je řešena přirozenými ohyby v jednotlivých trasách.

Některá potrubí z páteřních tras a od temperačních jednotek osazených na podestě +5,600 m jsou vedena v instalačních kanálech, kde pro uchycení potrubí je po vzdálenosti 1,5 m osazen U profil 120.



Obrázek 22 Sekundární okruhy s pohledem na potrubí v instalačních kanálech [autor]

6.4 Izolace potrubí a armatur

Izolace jsou navrženy dle vyhlášky č. 193/2007, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

U vnitřních rozvodů s teplotou média do 115 °C se tepelná izolace navrhuje tak, aby její povrchová teplota nebyla vyšší než 20 K oproti teplotě okolí a u vnitřních rozvodů s teplotou média nad 115 °C nesmí být povrchová teplota vyšší než 25 K oproti teplotě okolí. Pro rozvody s teplotou média nižší než 15 °C, je izolace provedena tak, aby mezi potrubím a izolací nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti ze vzduchu.

Potrubní trasy TO jsou opatřeny izolací proti ztrátě tepla z minerální vlny v oplechování (pátevní rozvod) a z minerální vlny v hliníkové folii (sekundární okruhy). Potrubní trasy VC jsou opatřeny izolací proti ztrátě chladu na bázi syntetického kaučuku. Potrubí sekundárních okruhů z temperačních jednotek jsou izolovány z minerální vlny v hliníkové folii a na bázi syntetického kaučuku. Izolace armatur je do snímatelných izolačních pouzder. Temperační jednotky jsou dodatečně izolovány a oplechovány (z výroby nejsou). Potrubní trasy VCH, VZ6 a OV izolovány nejsou.

6.5 Nátěry

Veškeré černé potrubí rozvodů a pomocný materiál se opatří jednonásobně nátěrem základním a dvojnásobně emailem syntetickým. Před zahájením nátěrových prací musí být veškeré povrchy řádně mechanicky očištěny a odmaštěny.

Barevné odstíny vrchního nátěru:

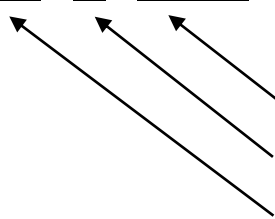
- šedá – uložení,
- zelená – potrubí VCH, VC,
- hnědá – potrubí TO, OV,
- modrá – potrubí VZ6.

6.6 Značení potrubí a armatur

Potrubní trasa vč. armatur bude opatřena rozlišovacími štítky, jež jednoznačně určí protékající medium a směr proudění. Počet štítků je stanovený odborným odhadem. Umístění a popis štítků se provede dle ČSN 13 0072 *Potrubí. Označování potrubí podle provozní teploty*.

6.7 Systém a význam značení

SCN – 80 – A100CL



značení izolací (viz Příloha 2 – Legenda značení izolací)

DN potrubí

potrubní médium

- VCHN věžová chladicí voda náběh; 25 °C,
- VCHV věžová chladicí voda vrat; 35 °C,
- VCN strojně chlazená voda náběh; 6 °C,
- VCV strojně chlazená voda vrat; 12 °C,
- TON termoolej náběh; 260 °C,
- TOV termoolej vrat; cca 220 °C,
- SCN sekundární okruh náběh (z TCU do VL – voda a olej); do 190 °C,
- SCV sekundární okruh vrat (z VL do TCU – voda a olej); cca 170 °C,
- OV odpadní voda (ze záchytných van TCU),
- VZ6 stlačený vzduch; 24 °C.

6.8 Lešení

Pro montáž nadzemních potrubních rozvodů jsou uvažovány dvě montážní plošiny.

6.9 Zkoušky

Před provozováním potrubních systémů je třeba provést zkoušky a kontroly, které musí být zdokumentovány a musí na ně být vydán patřičný protokol. Kontrola potrubních systémů vč. podpěr průmyslového potrubí navrženého dle *ČSN EN 13480-3 Kovová průmyslová potrubí - Část 3: Konstrukce a výpočet*, vyrobeného a instalovaného dle *ČSN EN 13480-4 Kovová průmyslová potrubí - Část 4: Výroba a montáž* musí být provedena dle *ČSN EN 13480-5 Kovová průmyslová potrubí - Část 5: Kontrola a zkoušení*.

Konečná kontrola musí sestávat z následujícího:

- vizuální kontrola před tlakovou zkouškou,
- vizuální kontrola po tlakové zkoušce,
- prohlídka výrobních dokumentů.

6.10 Požadavky na profese

Pro správné fungování celého potrubního systému je třeba zadat požadavky ostatním profesím:

- „elektroinstalace“: uzemnění potrubních rozvodů,
- „systém řízení“: snímání a hlášení zavzdušnění hlavní páteřních tras,
hlášení poruchových stavů a snímání teploty + tlaku.

7 EKONOMICKÉ NÁKLADY NA REALIZACI

Na celou praktickou část je zpracovaný podrobný rozpočet, který je rozdělený na několik podskupin:

- 1. podskupina *Strojní zařízení* obsahuje rozdělovače a sběrače, výrobu plechové nádoby na odvodu vzduchu potrubí, montáž temperačních jednotek, napojení na dodávky zdrojů a uvedení systému do provozu.
- 2. – 7. podskupina *Rozvod potrubí – VCHN, VCHV; Rozvod potrubí - VCN, VCV; Rozvod potrubí - TON, TOV; Rozvod potrubí - SCN, SCV; Rozvod potrubí - OV a Rozvod potrubí - VZ6* obsahuje dle DN metráže potrubí, množství ohybů, oblouků, přechodů (redukci), zhotovení odboček, přírub a armatur vč. montáží.
- 8. podskupina *Ostatní práce* obsahuje odmašťování, čištění a proplachování potrubí. Dále je zde značení potrubí štítky, zhotovení stavebních prostupů, kovové tlakové hadice na napojení primárních a sekundárních okruhů, gumové tlakové hadice, armatury, tlaková zkouška potrubí a napouštění a vypouštění systému.
- 9. podskupina *Konstrukce zámečnické* obsahuje profilovaný materiál pro instalační kanál, objímky pro uchycení potrubí, závitové tyče, kluzné uložení, zhotovení konstrukce pro pevné body a uchycovací pomocný materiál vč. montáže.
- 10. podskupina *Izolace tepelné* obsahují izolace pro všechny druhy médií vč. armatur a izolační pásy s montáží. Je zauvažována také izolace temperačních jednotek.
- 11. podskupina *Nátěry*, které jsou děleny na technologické konstrukce a potrubí.
- 12. podskupina *Protipožární ochrana* obsahuje prostupy potrubí požárními úseky.
- 13. podskupina *Lešení* obsahuje dvě montážní plošiny pro manipulaci potrubí ve výškách.
- 14. podskupina *HZS* obsahuje příplatek při ztížené práci v instalačním kanále, koordinace s ostatními profesemi a nezměřitelné a nepředvídatelné práce.

Celková cena na realizaci tohoto díla je **4 151 079 Kč** bez DPH. Cena vychází z výkresové části, ve které je zřetelný rozsah materiálu a jeho montáže. Veškeré položky obsažené v rozpočtu, který je přílohou této práce, vychází z Cenové soustavy ÚRS pro rok 2020.

8 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce byl návrh potrubních rozvodů pro napojení válcovací linky v průmyslovém areálu společnosti Fatra a. s., Napajedla. Jedná se o novou válcovací linku umístěnou v *SO 303 Výrobní hala*, která má zajistit rozšíření výrobního sortimentu o nášlapné vrstvy podlahových krytin a hydroizolačních fólií.

Pro chod této linky jsou v rámci dodávky technologie na podestě +5,600 m osazeny temperační jednotky, které zajistí požadované parametry těchto médií: termoolej, věžová chladicí voda, strojně chlazená voda a pro instrumentaci je zde přiveden i stlačený vzduch. Pro všechna zmíněná média bylo potřeba provést návrh kompletního potrubního systému, což obnášelo zhotovení výpočtového schématu, na které navázaly výpočty světlosti potrubí a tlakové ztráty. Dále byl vytvořen 3D model a výkresová část na úrovni prováděcí dokumentace, ve které jsou potrubní rozvody osazeny do stavebně-technologické dispozice, kde se na základě délek potrubních rozvodů spočítaly tepelné ztráty a teplotní roztažnosti potrubí – kompenzace. Díky tomu se mohly navrhnout tepelné izolace a vhodný způsob uložení potrubí doplněný pevnými body a osovými kompenzátory. Jako další výkres vznikl řez potrubním mostem a také řez instalačním kanálem, kde jsou vedena potrubí sekundárních okruhů k válcovací lince.

Na základě zpracovaného návrhu byl zhotoven podrobný rozpočet, který ukazuje celkové náklady na realizaci tohoto projektu, které činí 4 151 079 Kč bez DPH.

Jelikož jakákoliv stavba svým způsobem zatěžuje životní prostředí, tak se společnost Fatra, a. s. rozhodla, že jako malou kompenzaci za realizaci tohoto projektu provede v průmyslovém areálu výsadbu cca 120 stromů.

9 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Co je BIM – informační model budovy. In: *BIM Portál* [online]. Copyright © 2020. [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Co-je-BIM.aspx>.
- [2] ArchiNEWS, 2018: *BIM skrz naskrz* [online]. Praha: Cegra [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <http://www.cegra.cz/content/uploads/ArchiNEWS/AN32018PDF.pdf>.
- [3] ČSN EN 13480-1 Kovová průmyslová potrubí – Část 1: Obecně. 2018.
- [4] HOSNEDL Stanislav a Ladislav NĚMEC: *Strojní části potrubních systémů* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita, Katedra konstruování strojů [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://adoc.tips/strojni-asti-potrubnich-system.html>.
- [5] Potrubí. In: *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. Poslední změna 30.05.2019 [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Potrub%C3%AD>.
- [6] PAVLOK, Bohuslav, Sylva DRÁBKOVÁ a Jana RAUTOVÁ. *Potrubní systémy a armatury: studijní opora*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011, Část 1. ISBN 978-80-248-2518-2.
- [7] Produkty. In: *TEZAP ŠTĚNOVICE spol. s r.o.* [online]. Copyright TEZAP ŠTĚNOVICE, spol. s r.o. 2020. [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://www.tezap.cz/detail/index/id/26>.
- [8] Potrubí a armatury. In: *Strojírenství – Vše co student potřebuje vědět* [online]. © Strojírenství 2020. [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2010/10/6-potrubni-armatury.html>.
- [9] Tvarovky. In: *Ferona online* [online]. Copyright © 2017 Ferona a.s. [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/vyhledavani/299>.
- [10] Armatury EU/CZECH – Armatury a potrubní díly. In: *Armatury a potrubní díly, s.r.o.* [online]. Copyright © 2002–2020 [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: http://www.arpod.cz/cenik_zakladnich_produkту.php#zacatek.
- [11] Armatury EU/CZECH – Ceny základních produktů. In: *Armatury a potrubní díly, s.r.o.* [online]. Copyright © 2002–2020 [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: http://www.arpod.cz/cenik_a_kompenzatory.php.
- [12] BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. *Otopné soustavy teplovodní*. Vyd. 3. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2008. ISBN 978-80-02-02064-6.
- [13] SMITH, Peter. *Process Piping Design Handbook – The Fundamentals Of Piping Design*. Huston, Texas: Gulf Publishing Company, 2007. ISBN-13 978-1933762043.

- [14] Ocelové trubky závitové běžné a bezešvé. In: *TZB-info* [online]. Copyright Topinfo s.r.o. 2001–2020 [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/16-ocelove-trubky-zavitove-bezne-a-bezesve>.
- [15] Daniel Adamovský: *Výroba, distribuce a emise chladu v budovách – Část 1* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov [28.02.2020]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125esbt/prednasky/125esbt-12.pdf>.
- [16] Daniel Adamovský: *Výroba, distribuce a emise chladu v budovách – Část 2* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov [28.02.2020]. [online]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125esbt/prednasky/125esb2-12.pdf>.
- [17] LIŠKA, Antonín, Pavel NOVÁK. *Technika stlačeného vzduchu*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-01-01947-0.
- [18] DROZD, Arnošt a kol. *Stlačený vzduch v průmyslu*. Praha: SNTL, 1962.
- [19] Atlas Copco Airpower NV. *Compressed Air Manual*. 8th edition. Belgium: Atlas Copco Airpower NV, 2015. ISBN 9789081535809.
- [20] Profil společnosti. In: *Fatra. Plasty pro život* [online]. Copyright Fatra a. s. 2020 [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://www.fatra.cz/o-nas/profil-spolecnosti/>.
- [21] RODOLFO COMERIO S.r.l. In: *LinkedIn* [online]. Copyright LinkedIn 2020 [cit. 16.03.2020]. Dostupné z: <https://cz.linkedin.com/company/rodolfo-comerio-s-r-l>.
- [22] Azienda In: *SELLA Intelligent Thermodynamics* [online]. Copyright © SELLA srl 2016 [cit. 15.04.2020]. Dostupné z: <https://www.sella-srl.it/azienda/>.
- [23] Custom Made. In: *SELLA Intelligent Thermodynamics* [online]. Copyright © SELLA srl 2016 [cit. 15.04.2020]. Dostupné z: <https://www.sella-srl.it/en/custom/>.
- [24] Střední škola automobilní: *Potrubí a armatury* [online]. [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: http://www.skola-auto.cz/wp-content/uploads/2017/10/MKP-Konzultace_V-VI.pdf.
- [25] Tlaková ztráta v trubce. In: *iPotrubí – plno informací pro profesionály* [online]. Copyright © 2020 eStránky.cz [cit. 15.04.2020]. Dostupné z: <http://www.ipotrubu.cz/clanky/6.-hydrodynamicke-a-termodynamicke-vypocty/2.-vypocet-tlakovych-ztrat/2.-tlakova-ztrata-v-trubce.html>.
- [26] Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

[27] Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu. In: *TZB-info* [online]. Copyright Topinfo s.r.o. 2001–2020 [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubí-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>.

[28] LOBOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. *Výpočtové tabulky pro vytápění: vztahy a pomůcky*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001. ISBN 80-02-01466-9.

[29] Hilti Czech Republic, 2013: *Řešení dilatací potrubí a návrh pevných bodů* [online]. Copyright © 2013 Vision Information Transaction AG [cit. 03.05.2020]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/medias/sys_master/h0e/h99/9115204517918.pdf?mime=application%2Fpdf&realname=%C5%98e%C5%A1en%C3%AD+dilatac%C3%AD+potrub%C3%AD+a+n%C3%A1vrh+pevn%C3%BDch+bod%C5%AF_prezentace+HOL.pdf.

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Potrubí
Obrázek 2	Potrubní spoje
Obrázek 3a–3f	Tvarovky
Obrázek 4a–4h	Armatury
Obrázek 5a–5c	Kompenzátory
Obrázek 6	Odbočka z páteřního rozvodu
Obrázek 7	Pohled na areál firmy Fatra, a. s. s vyznačením SO 303 Výrobní hala
Obrázek 8	Rozdělení primárního a sekundárního okruhu
Obrázek 9	Válcovací linka – pohled 1
Obrázek 10	Válcovací linka – pohled 2
Obrázek 11	Temperační jednotka od výrobce
Obrázek 12	Temperační jednotky na podestě +5,600 m
Obrázek 13	Součinitel tření
Obrázek 14	Tepelná ztráta potrubí termooleje s izolací kruhového průřezu
Obrázek 15	Návrhové schéma pro osazení PB a kompenzátorů
Obrázek 16	Kompenzátor na potrubí s osovým vedením
Obrázek 17	Kompenzátor na potrubí bez osového vedení
Obrázek 18	Vycházející potrubí z kotelny na termoolej k temperačním jednotkám
Obrázek 19	Rozdělovače a sběrače věžové a strojně chlazené vody
Obrázek 20	Páteřní trasy na OK s pohledem na odkalení potrubí VZ6
Obrázek 21	Sekundární okruhy s pohledem na odvzdušnění termooleje do nádoby
Obrázek 22	Sekundární okruhy s pohledem na potrubí v instalačních kanálech

11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Přehled vybraných ocelových trubek závitových běžných
Tabulka 2	Přehled vybraných ocelových trubek bezešvých
Tabulka 3	Přehled hydraulických drsností vnitřních stěn potrubí
Tabulka 4	Návrh potrubí termooleje
Tabulka 5	Návrh potrubí věžové chladicí vody
Tabulka 6	Návrh potrubí strojně chlazené vody
Tabulka 7	Návrh potrubí stlačeného vzduchu
Tabulka 8	Hodnoty součinitelů prostupu tepla válcovou stěnou
Tabulka 9	Návrh tepelných izolací pro TO, SC a VC
Tabulka 10	Hodnoty součinitelů teplotní roztažnosti potrubí
Tabulka 11	Navržené hodnoty kompenzátorů

12 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA TEXTOVÉ ČÁSTI

Příloha 1	Vizualizace	3xA4
-----------	-------------	------

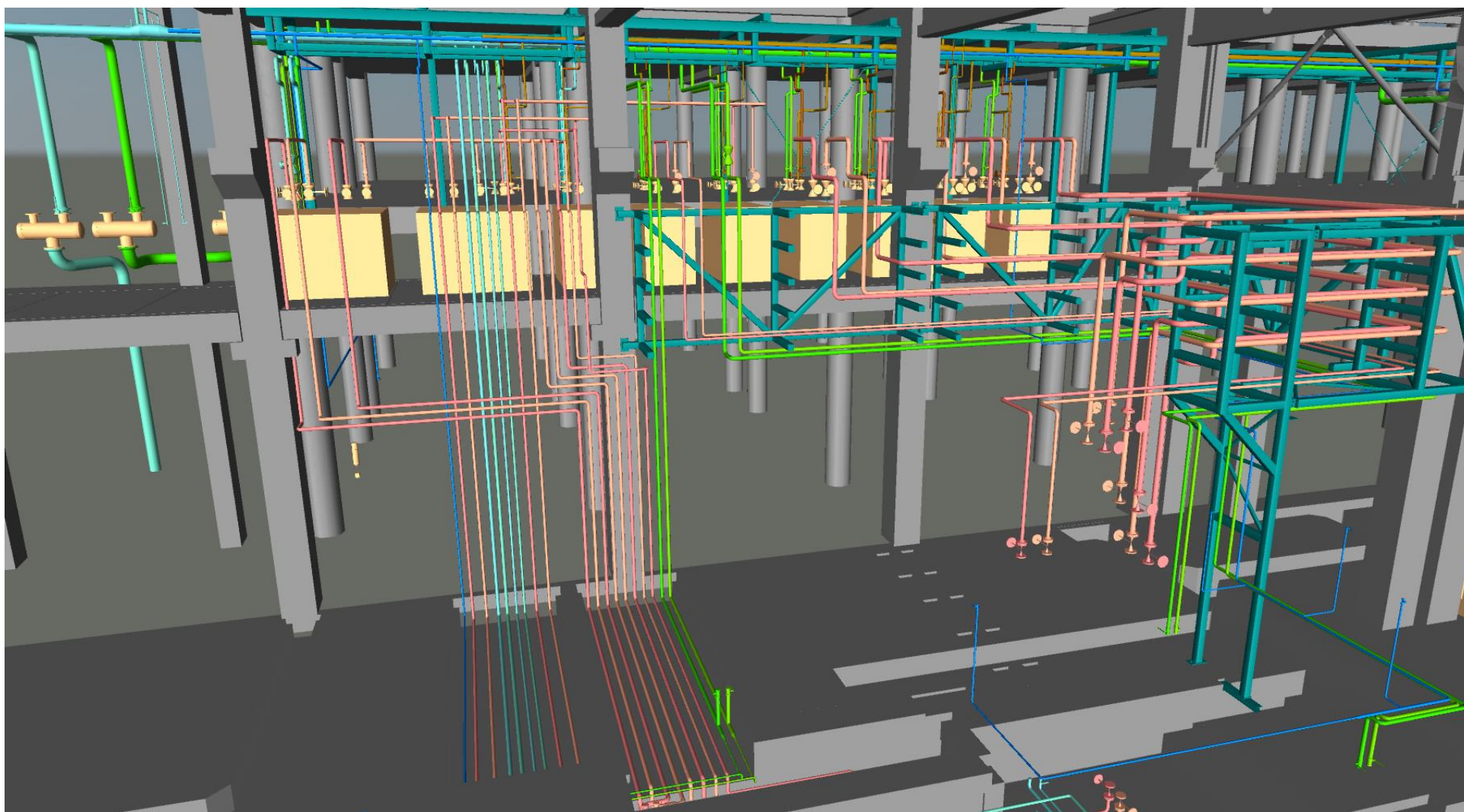
SAMOSTATNÁ PŘÍLOHA

Textová část:

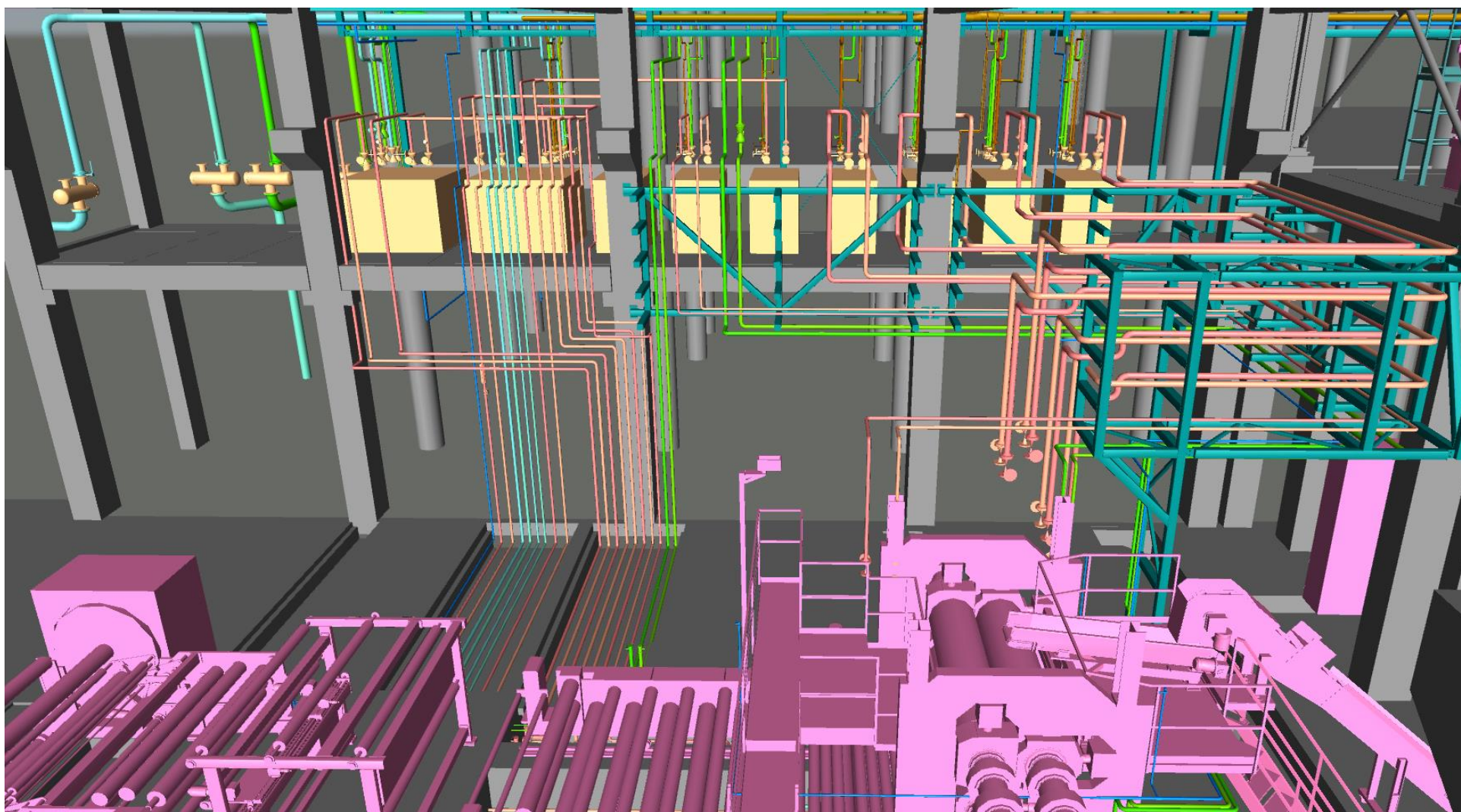
Příloha 1	Legenda potrubních větví	1xA4
Příloha 2	Legenda značení izolací	1xA4
Příloha 3	Rozpočet	21xA4

Výkresová část:

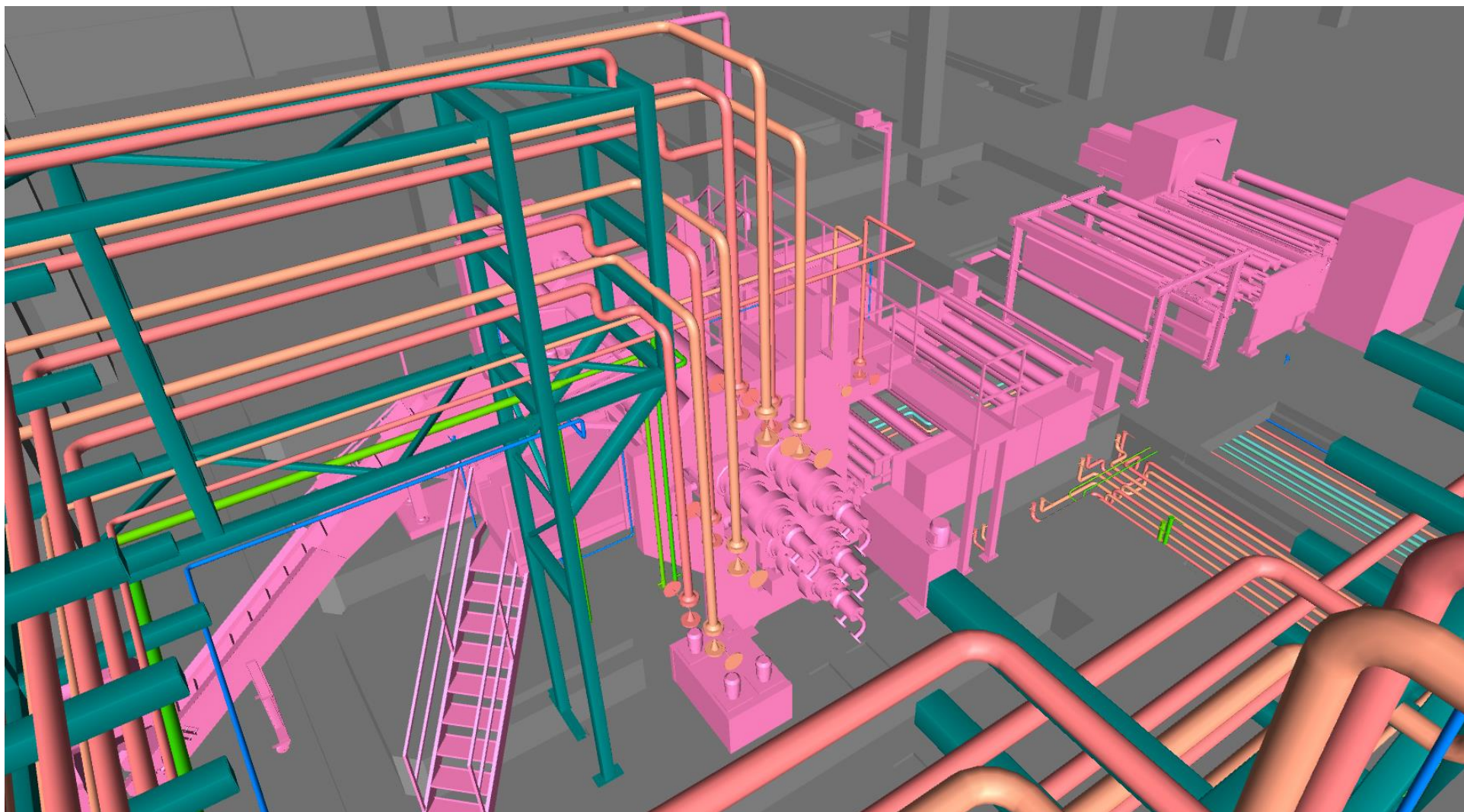
BP 001	Dispozice potrubních rozvodů	1:50; 1:100	12xA4
BP 002	Řez potrubním mostem A-A	1:25	6xA4
BP 003	Řez instalačním kanálem	1:15	2xA4
BP 004	Výpočtové schéma napojení válcovací linky	-	10xA4



Příloha 1 – Vizualizace napojení válcovací linky [autor]



Příloha 1 – Vizualizace napojení válcovací linky [autor]



Příloha 1 – Vizualizace napojení válcovací linky [autor]